

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pícninářství a trávnickářství



Vliv dlouhodobého hnojení na kvalitu píce vojtěšky

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Lucie Maňáková

Vedoucí práce: doc. Ing. Josef Hakl, Ph.D.

© 2015 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv dlouhodobého hnojení na kvalitu píče vojtěšky" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10. 4. 2015

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala především panu doc. Ing. Josefu Haklovi, Ph.D. za cenné rady, všestrannou pomoc a za čas, který mi věnoval při vypracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Janě Konečné za její čas a pomoc při odběru vzorků včetně jejich následného zpracování. Nesmím opomenout paní Ing. Marii Štýbnarovou, Ph.D. z VÚCHS v Rapotíně, které chci poděkovat za část kvalitativního rozboru našich dat. Mé poděkování patří také mým spolužačkám Barboře Jančaříkové a Nadě Borešové, které se spolu se mnou podílely na zpracování a následné analýze získaných vzorků.

Vliv dlouhodobého hnojení na kvalitu píce vojtěšky

Souhrn

Kvalita píce vojtěšky seté (*Medicago sativa L.*) může být ovlivněna mnoha faktory. Jedním z nich je úroveň výživy rostlin. Cílem této práce je posoudit dlouhodobý vliv organického a minerálního hnojení, včetně jejich interakce, na strukturu porostu a kvalitativní změny v píci vojtěšky.

Pokus byl proveden v rámci dlouhodobého experimentu s hnojením ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze – Ruzyni, který trvá od roku 1955. Hodnocený porost vojtěšky seté byl založen v roce 2012 jako podsev ječmene jarního. Odběry vzorků proběhly 9. května 2014 v období před první sečí. Vzorky byly odebírány ve 4 opakováních z 6 hnojených variant – nehnojená kontrola, hnojení minerálními hnojivými (N, P a K) v nízké a vysoké dávce, pouze organické hnojení (hnůj k předplodině) a kombinace dvou úrovněového minerálního hnojení s organickou dávkou hnoje. V každém vzorku byl stanoven počet lodyh a maximální délka lodyhy. U deseti nejdelších lodyh byl stanoven hmotnostní podíl listů a následně byly vypočítány hodnoty pro proměnné: počet rostlin/m² (R/m²), počet lodyh/m² (L/m²), výnos sušiny v g/m² a podíl listů v píci (LWR). Ve vzorcích byl stanoven obsah dusíku (Dumasova metoda) a neutrálně detergentní vlákniny (přístroj Fibercap).

Parametr počet rostlin/m² nebyl ovlivněn žádnou z variant hnojení. Počet lodyh/m² a výnos píce dosahovaly nejvyšších hodnot při vysokých dávkách N, P a K. Maximální délka lodyhy byla zvyšována organickým i minerálním hnojením. Sušina v listech byla snižována minerální výživou, kdežto obsah sušiny v lodyhách byl nejnižší při hnojení hnojem. Obsah NL v celé píci dosahoval nejvyšších hodnot při absenci dávek N, P a K, zatímco množství NL v lodyhách bylo zvyšováno organickým hnojením. Obsah NL v listech nebyl ovlivněn žádnou z variant hnojení. Množství popelovin v lodyhách se významně zvyšovalo spolu s dávkami N, P a K. Obsah neutrálně detergentní vlákniny dosahoval nejvyšší hodnoty u variant bez organického hnojení. Interakce organického a minerálního hnojení neměla vliv na žádný ukazatel výnosu nebo kvality porostu.

Výsledky ukazují, že hnojení porostů vojtěšky v rámci osevního postupu ovlivňuje strukturu porostu, což má dopad i na sledované kvalitativní parametry. Uvedené výsledky práce mohou být využity v zemědělské praxi k optimalizaci vzájemného poměru mezi produkčními znaky porostu a kvalitativními charakteristikami sklizené píce.

Klíčová slova: *Medicago*, hnojení, struktura porostu, vláknina, dusíkaté látky

The influence of long-term fertilization on the lucerne forage quality

Summary

Forage quality of alfalfa (*Medicago sativa L.*) can be affected by many factors. One of them is the level of plant nutrition. The aim of this work is to assess the long-term impact of organic and mineral fertilizers, including their interaction, on stand structure and qualitative changes in forage alfalfa.

The experiment was established in the context of long-term fertilization experiment at The Research Institute of Crop Production in Prague – Ruzyně, which was founded in the 1955. Evaluated stand of alfalfa was established in 2012 as undersowing in spring barely. The samples of alfalfa were taken May 9, 2014 in the period before the first cutting. The samples were collected in four repetitions from six variants of treatments – unfertilized control, mineral fertilizer (N, P and K) in the low and high dose, only organic fertilizer (manure to the previous crop) and the combination of two doses mineral fertilization and organic manure. In each sample, number of stems was determined and the maximum length of stem as well. For the ten longest stems was determined the mass percentage of leaves and there were calculated values for the variables: number of plants/m² (R/m²), number of stems/m² (L/m²), dry matter yield in g/m² and the proportion of leaves in forage (LWR). In the samples was determined nitrogen content (Dumas method) and neutral detergent fiber (device Fibercap).

Parameter number of plants/m² was not affected by any of the variants of fertilization. The number of stems/m² and forage yield were the highest at high doses of N, P and K. The maximum length of stem was increased by organic and mineral fertilizer. Dry matter of the leaves was reduced by mineral nutrition, while the dry matter of stems was the lowest when fertilizing with manure. Content CP in forage was the highest in the stand with absence N, P and K fertilization, while CP content in stems was increased by organic fertilizers. CP content in leaves was not affected by any of the variants of fertilization. The amount of ash in the stems was significantly increased together with higher doses of N, P and K. The neutral detergent fiber reached the highest value in variants without organic fertilization. Interaction of organic and mineral fertilizers had no effect on any indicator of yield or quality of stand.

The results show that fertilization of alfalfa stands within the crop rotation affects the structure of vegetation, which has an impact on reporting parameters of quality. These results can be used in agriculture practices to optimize the mutual relationship between the production characteristics of vegetation and qualitative characteristics of harvested forage.

Keywords: *Medicago*, fertilization, crop structure, fiber, crude protein

Obsah

| | |
|---|-----------|
| 1 Úvod..... | 9 |
| 2 Cíl práce a vědecká hypotéza | 10 |
| 3 Přehled literatury | 11 |
| 3.1 Vojtěška setá | 11 |
| 3.1.1 Taxonomie | 11 |
| 3.1.2 Historie..... | 12 |
| 3.1.3 Využití vojtěšky | 12 |
| 3.2 Botanická a morfologická charakteristika..... | 13 |
| 3.2.1 Kořenový systém | 13 |
| 3.2.2 Lodyha | 14 |
| 3.2.3 Listy | 15 |
| 3.2.4 Květenství, plod, semeno..... | 15 |
| 3.3 Agrobiologické nároky..... | 15 |
| 3.4 Pěstování a agrotechnika | 17 |
| 3.5 Hnojení a výživa | 18 |
| 3.6 Kvalita píce vojtěšky | 21 |
| 3.6.1 Nutriční hodnota | 21 |
| 3.6.2 Hodnocení kvality píce | 22 |
| 3.6.3 Vybrané charakteristiky kvality vojtěšky a jejich hodnocení | 24 |
| 3.6.3.1 Dusíkaté látky a jejich stanovení..... | 24 |
| 3.6.3.2 Vláknina a její stanovení..... | 26 |
| 3.6.3.3 BNLV a jeho stanovení..... | 28 |
| 3.6.3.4 Popeloviny a jejich stanovení..... | 29 |
| 3.7 Parametry ovlivňující kvalitu | 29 |
| 3.7.1 Environmentální podmínky | 29 |
| 3.7.2 Výnos a struktura porostu | 30 |
| 3.7.3 Fenologická fáze vývoje | 31 |
| 3.7.4 Stáří porostu | 33 |
| 3.7.5 Agrotechnický postup a posklizňová úprava | 34 |
| 3.7.6 Hnojení..... | 34 |
| 3.7.6.1 Vliv hnojení na výnos a vytrvalost..... | 34 |
| 3.7.6.2 Vliv hnojení na kvalitu píce | 36 |
| 4 Materiál a metody | 39 |
| 4.1 Charakteristika pokusného stanoviště | 39 |
| 4.2 Design experimentu..... | 40 |
| 4.3 Metodika odběru vzorků | 41 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 4.4 | Analýzy vybraných složek kvality | 41 |
| 4.4.1 | Laboratorní stanovení NL | 41 |
| 4.4.2 | Stanovení NDF | 42 |
| 5 | Výsledky | 44 |
| 5.1 | Vliv hnojení na porost vojtěšky | 44 |
| 5.2 | Vliv hnojení na kvalitativní složky píče | 45 |
| 6 | Diskuze | 48 |
| 7 | Závěr..... | 55 |
| 8 | Seznam literatury | 56 |
| 8.1 | Internetové zdroje | 66 |
| 9 | Seznam použitých zkratk a symbolů | 67 |
| 10 | Samostatné přílohy | i |

1 Úvod

Vojtěška setá (*Medicago sativa L.*) představuje spolu s jetelem lučním naše nejdůležitější jeteloviny pěstované na orné půdě. Mezi její přednosti patří poměrně stálé a vysoké výnosy, odolnost proti suchu, vytrvalost a zúrodnovací efekt na půdu. Představuje zlepšující plodinu v osevním postupu a její velkou předností je schopnost fixace vzdušného dusíku za pomoci hlízkových bakterií. Vojtěška setá je zároveň považována i za velmi kvalitní plodinu. Oproti ostatním pícninám poskytuje nejvyšší zastoupení dusíkatých látek a je významným zdrojem vitamínů a minerálů pro hospodářská zvířata.

Kvalita píce může být ovlivňována mnoha parametry. K těm nejdůležitějším patří např. podmínky prostředí, fáze zralosti v době sklizně, úroveň výživy, technologie sklizně aj. V současné době již mají pěstitelé mnoho informací a zkušeností s vlivy přírodních podmínek na růst a vývoj píce, nebo s ideálním termínem a vhodnou technologií sklizně pro maximální obsah nutričních látek. Ovšem výnos píce a jejich živin může být do jisté míry významně ovlivněn také adekvátní výživou rostlin.

Podle mnoha krátkodobých studií, hnojení významně ovlivňuje jak výnos a jeho výnosotvorné prvky, tak množství jednotlivých živin v píci. Pro dosažení ekonomicky rentabilního výnosu a kvalitní produkce je potřeba uplatnit efektivní hnojení organickými a průmyslovými hnojivy. Objasnění vlivu dlouhodobého hnojení na porost a kvalitativní složky vojtěšky seté by v zemědělské praxi umožnilo maximalizaci výnosů při zachování co nejvyšší kvality a stravitelnosti píce vojtěšky seté.

2 Cíl práce a vědecká hypotéza

Cíl práce

Cílem práce je posoudit dopad dlouhodobého hnojení na strukturu porostu a kvalitu píce vojtěšky seté. Výsledky mohou být využity v zemědělské praxi i pro další výzkum.

Stanovení vědecké hypotézy

Vědecká hypotéza H₁: Dlouhodobé hnojení ovlivňuje parametry struktury porostu vojtěšky.

Vědecká hypotéza H₂: Dlouhodobé hnojení ovlivňuje nutriční hodnotu sklizené píce vojtěšky.

3 Přehled literatury

3.1 Vojtěška setá

Vojtěška setá (*Medicago sativa*) je jednou z celosvětově nejrozšířenějších a nejvýznamnějších jetelovin (McCoy et Echt, 1992). Je řazena k nejstarším kulturním pícninám (Klesnil et al., 1965) a spolu s jetelem lučním patří k nejdůležitějším jetelovinám pěstovaným na orné půdě (Hakl et al., 2011).

Vojtěška je víceletá, hluboko kořenící pícnina, jejíž předností jsou stálé a vysoké výnosy biomasy, její kvalita, odolnost proti suchu a vytrvalost, které popisují např. Rotrekl et Babinec (2006) nebo Telieiová (2013). V České republice je pěstována především v suchších a teplejších oblastech. Je řazena mezi nejproduktivnější bílkovinné pícniny (Velich et al., 1994) a představuje hlavní a nejlevnější zdroj rostlinných bílkovin v krmných dávkách hospodářských zvířat (Telieiová, 2013). Krawutschke et al. (2013) uvádějí, že pro nízké vstupy představuje vojtěška setá důležitou plodinu v zemědělských systémech, včetně ekologického zemědělství.

3.1.1 Taxonomie

Rod vojtěška (*Medicago L.*), jiným názvem tolíce vojtěška, patří do početné čeledi bobovitých (Fabaceae) (Telieiová, 2013). Rod vojtěška zahrnuje kolem 100 druhů, z nichž mezi hospodářsky nejvýznamnější, pěstované na našem území, patří vojtěška srpovitá (*Medicago falcata L.*), vojtěška zvrhlá (*Medicago varia Mart.*) a vojtěška setá (*Medicago sativa L.*) (Klesnil et al., 1965). Většina odrůd pěstovaných v ČR pochází z těchto tří druhů (resp. poddruhů) a jejich kříženců (Rotrekl et Babinec, 2006). Ke dni 15. 6. 2014 bylo ve Státní odrůdové knize zapsáno 18 odrůd vojtěšky seté (ÚKZÚZ, 2014). Nejstarší z nich, odrůda Pálava, pochází z roku 1967, naproti tomu nejmladší odrůda Concerto, byla registrována roku 2010 (Telieiová, 2013). Vojtěška setá se snadno přirozeně kříží s planě rostoucí vojtěškou srpovitou. Přechodná forma se nazývá *Medicago sativa ssp. media*, často je označovaná jako samostatný druh (Telieiová, 2013).

3.1.2 Historie

Pícnina pochází z teplejšího klima, oblasti Kaspického moře (Telievová, 2013), a podle Rotrekla et Babince (2006) se pěstovala ve střední Asii již před 2500 lety. Oblast původu zahrnuje východní Írán, Tádžikistán, Kirgistán, Uzbekistán a Afghánistán (Klesnil et al., 1965). I po procesu zkulturnění, je dnešní vyšlechtěná vojtěška velmi blízká planým formám rostoucím v původní oblasti výskytu (Šantrůček et al., 2011). Do Evropy byla rozšířena v dobách starověkého Řecka a Říma, kde byla pojmenována Alfalfa medica. V 16. století začala být kvůli žlutě zářícím semenům nazývána též „luzerne“, z provensálského „lucerno“ (Telievová, 2013). Na území Rakouska a Čech se vojtěška začala pěstovat kolem roku 1700 (Velich et al., 1994). V oblasti Čech se pěstování rozšířilo až počátkem 20. století (Klesnil et al., 1965).

3.1.3 Využití vojtěšky

V minulosti se vojtěška setá využívala pro pastvu prasat, významná byla zejména ve výživě březích prasnic (Aldrich, 2013). V dnešní době se nejčastěji užívá ke krmení hospodářských zvířat ve formě sena a siláže (Krawutschke et al., 2013). V zájmových chovech se nejvíce uplatňuje ve výživě koní, ale také hlodavců a králíků. Pro krmení oblíbených zvířat se vojtěška zpracovává a prodává ve formě úsušků, pelet nebo granulí (Aldrich, 2013). Mnoho obchodníků v dnešní době nabízí vojtěšku setou i jako potravinový doplněk lidské výživy (Aldrich, 2013). Nutričním složením má vysoký potenciál ve výživě hospodářských a oblíbených zvířat i v oblasti lidské doplňkové výživy.

Pro její vysoký potenciál se hlavní šlechtitelské cíle zaměřují především na zvýšení výnosu a kvality píce, dále např. na zvýšení fixace N, výnosu semene, rezistence vůči chorobám a škůdcům, odolnost vůči polehání aj. Pro zlepšení kvalitativních znaků se zaměřuje pozornost na zvýšení olistění a stravitelnosti, vyšší obsah beta-karotenu nebo snížení antinutričních látek (Telievová, 2013).

3.2 Botanická a morfologická charakteristika

3.2.1 Kořenový systém

Vojtěška setá má mohutný kořenový systém sahající do značných hloubek. V prvních týdnech je zakořeňování vojtěšky poměrně pomalé, proto jsou mladé rostliny v této době velmi citlivé na přísušky (Klesnil et al., 1965). Kůlový kořen může dorůst v prvním roce do hloubky 1 m (při zasetí do krycí plodiny) nebo 1,5 – 2 m (setba bez krycí plodiny). Celková hloubka zakořeňování se uvádí kolem 5 metrů (Velich et al., 1994), na hlubokých a propustných půdách mohou kořeny dosáhnout hloubky 10 - 15 m (Klesnil et al., 1965). Okolo hlavního kořene vytváří vojtěška značné množství intenzivně se vyvíjejících postranních kořínků zasahujících do vzdálenosti 60 - 80 cm od hlavního kořene (Šantrůček et al., 2011). Mohutnost kořenového systému je ovlivněna především půdními a agrotechnickými faktory.

Vojtěška vytváří největší množství kořenové hmoty ze všech pěstovaných pícnin. Velich et al. (1994) uvádějí u vyvinutého porostu množství 7,5 – 12 t/ha. Největší podíl se rozprostírá do hloubky 40 - 50 cm, v ornici je uloženo pouze 30 – 60 % celkové kořenové hmoty. Množství podzemní biomasy a její rozvrstvení závisí na stáří porostu. Mohutný kořenový systém vojtěšky poskytuje velké množství organické hmoty (při humusotvorném procesu) a je významný i z hlediska meliorace (provzdušnění půdy), vynášení živin z hlubších vrstev půdy (Klesnil et al., 1965) a čerpaní prvků i z méně přístupných forem (Rotrekl et Babinec, 2006). Zvyšuje také celkovou odolnost vojtěšky proti suchu (Velich et al., 1994). Množství kořenové hmoty je ovlivňováno hustotou porostu v návaznosti na výnos píce.

Podle Klesnila et al. (1965) je v hustém porostu kořenový systém jednotlivých rostlin menší, ale celková podzemní biomasa na ha je při vyšším počtu rostlin vyšší. Další faktor ovlivňující mohutnost kořenového systému je výnos píce (Šantrůček et al., 2011). Tyto dva znaky jsou spolu úzce spojeny. Vyšší výnosy píce znamenají více vytvořené kořenové hmoty a tím i větší zúrodňovací vliv vojtěšky (Klesnil et al., 1965; Velich et al., 1994). Kvalita kořenů je velmi vysoká. Obsahují 2 % N, 0,3 % P, 0,9 % K a 1,3 % Ca (Velich et al., 1994). Po odumření kořenů zanechává vojtěška v půdě 3 - 7 krát více N, 1,5 - 3 krát více P, 1,5 - 2 krát více K a 2 – 3 krát více Ca ve srovnání s obilninami (Klesnil et al., 1965). Proto se

při častějších opakování vojtěšky v osevním postupu neprojevuje půdní únava tak výrazně v porovnání s jetelem lučním (Šantrůček et al., 2011).

Velmi důležitou vlastností je symbióza kořínků vojtěšky s nádorovými bakteriemi poutající vzdušný dusík. Bakterie pronikají do kořenů již 3 - 4 týdny po zasetí a vytvářejí na nich nádorky. Vojtěška bývá infikována pouze bakteriemi *Rhizobium mellilotii*. Pomocí těchto bakterií dokáže porost vojtěšky poutat v průměru 220 kg vzdušného N na 1 ha za rok (Klesnil et al., 1965). V místech, kde se vojtěška dosud nepěstovala je doporučováno očkování osiva přípravkem Rhizobin (Šantrůček et al., 2011).

Kořenový krček je zdřevnatělý oddenek, ze kterého vojtěška obrůstá. Vytváří se na spodní uzlině lodyhy (nodu) již 6 - 9 týdnů po zasetí. Postupně se pod povrchem půdy vertikálně zakládají odnožovací pupeny, tzv. zóna odnožování (Velich et al., 1994) a působením stahovacích kořenů se po prvním roce nacházejí 0,5 - 1,5 cm pod povrchem půdy. Stářím se kořenový krček rozvětňuje, prodlužuje a vtahuje hlouběji do půdy. Pro obrůstání pupenů je nutný dostatečný přívod vzduchu a rozptýleného světla, jinak zůstávají ve spícím stavu (Klesnil et al., 1965). Při intenzivním prokypření může vojtěška plně využít obrůstací potenciál a samostatná rostlina může vytvořit i 200 - 300 lodyh (Šantrůček et al., 2011). Kořenový krček je důležitým orgánem rostliny, závisí na něm intenzita obrůstání, výnosnost i vytrvalost rostliny (Klesnil et al., 1965). Hluboké uložení kořenového krčku má i velký praktický význam, kdy na rozdíl od jetele vojtěška lépe vzdoruje nízkým teplotám nebo poškození hlodavci (Velich et al., 1994).

3.2.2 Lodyha

Lodyhy vyrůstají z kořenového krčku a dosahují výšky 90 - 150 cm. Jsou duté, ale některé hybridní formy jsou vyplněny dřevem (Šantrůček et al., 2011). Během růstu vytvářejí 12 - 15 internodií, jejichž délka se pohybuje od 4 - 6 cm. Počet větví na lodyze je proměnlivý, dle hustoty rostlin a odrůdy se pohybuje od 4 do 8. Po počátku kvetení podléhá lodyha vojtěšky rychlejší lignifikaci, což vede ke snížení její stravitelnosti. Trs vojtěšky může být vzpřímený, polovzpřímený nebo rozložitý a vytváří v zapojeném porostu průměrně 5 - 20 lodyh (Klesnil et al., 1965). Vynikající růstová intenzita umožňuje vojtěšce za nepříznivých podmínek prodloužit lodyhu denně o 2 - 3 cm (Klesnil et al., 1965; Šantrůček et al., 2011).

3.2.3 Listy

Listy vojtěšky jsou trojčetné, krátce řapíkaté. Jednotlivé lístky jsou opak vejčité, v horní třetině jemně zoubkované, přirůstající k řapíku řapíčkem (Klesnil et al., 1965). Při sušení se lístky v této části snadno ulamují a vzniká tak značné ztráty odrolem (Aldrich, 2013). Ze všech jetelovin jsou u vojtěšky tyto ztráty největší. Olistěnost vojtěšky činí v průměru 40 – 50 % váhy nadzemní hmoty (Klesnil et al., 1965; Velich et al., 1994; Šantrůček et al., 2011).

3.2.4 Květenství, plod, semeno

Květenstvím je protáhlý, případně kulovitý 1 - 6 cm dlouhý hrozen modrofialové barvy. V hroznu bývá 12 - 25 kvítků a jedna rostlina vytváří dle rozvětvení, hustoty porostu a intenzity odnožení 25 - 250 hroznů (Šantrůček et al., 2011).

Květ je složen z pěti lístků. Spodní srostlé lístky tvoří člunek, po stranách jsou dvě křídla a horní největší lístek se nazývá pavéza. Květ obsahuje deset tyčinek, z toho 9 srostlých a jednu volnou. Blizna a prašníky jsou uzavřeny ve špičce člunku. Vojtěška je převážně cizosprašná a hmyzosnubná (Klesnil et al., 1965).

Plodem je 5 - 7 semenný spirálovitě stočený lusk, s jedním až čtyřmi závití (Velich et al., 1994). Semeno je ledvinovité, světle hnědé až matné. HTS činí 1,5 - 2,4 g. Vojtěška vytváří semena s tvrdým obalem, která klíčí postupně, zpravidla během dvou let, což je výhodou v dlouhodobých porostech, kde klíčící rostliny doplňují porost vojtěšky (Klesnil et al., 1965; Šantrůček et al., 2011).

3.3 Agrobiologické nároky

Vojtěška je rostlina náročná na teplo. Osivo klíčí při stálé teplotě 10 – 12 °C po dobu 7 – 10 dnů. Je „zimovzdorná“. Podle Klesnila et al. (1965) její odolnost vůči zimním nepříznivým podmínkám závisí na mnoha faktorech: individuálním vývoji rostliny, morfologických znacích, fyziologických vlastnostech, agrotechnických postupech nebo ekologických podmínkách. Pro úspěšné přezimování začne po odkvětu rostlina hromadit zásobní látky do kořene a kořenového krčku. To umožňuje snést mrazy

- 20 až - 25 °C (Rotrekl et Babinec, 2006), pod sněhovou vrstvou dokonce - 40 °C (Klesnil et al., 1965). Mrazuvzdornost vojtěšky klesá na začátku jarního obrůstání. Telieiová (2013) uvádí, že mladé výhonky mohou vymrzat již při teplotě 4 °C. Pro úspěšný růst vojtěšky je potřeba úhrnná suma teplot 1200 – 1300 °C od vzejití do plného květu (Šantrůček et al., 2011). V dalších letech je tato suma teplot podle Rotrekla et Babince (2006) nižší, pro první seč 800 – 900 °C a pro druhou seč 700 – 800 °C. Teploty je nutné posuzovat v komplexu s půdní a vzdušnou vlhkostí a s úhrnem srážek (Telieiová, 2013).

Telieiová (2013) uvádí, že vojtěška má vysoké nároky na světlo a vláhu. Je rostlinou dlouhého dne (Klesnil et al., 1965), jednotlivé odrůdy vyžadují světelnou fázi 12 – 18 hodin/den a světelné stádium 35 - 45 dní (Rotrekl et Babinec, 2006). Podle Klesnila et al. (1965) je vývoj vojtěšky závislý na délce dne. Pokud je denní osvětlení kratší než 15 hodin, vojtěška nedostatečně kvete a zpomaluje se její vývoj. Rotrekl et Babinec (2006) popisují, že při dubnovém setí vojtěška ke svému vývoji požaduje 80 - 100 dní, kdežto při setbě počátkem května 70 - 77 dní. Pokud by proběhla setba až v polovině května, rostlině stačí 65 - 70 dní. Důležitou roli hraje i intenzita světelného záření (Rotrekl et Babinec, 2006).

Ačkoliv vojtěška patří původně mezi xerofilní rostliny, spotřebovává během svého růstu značné množství vody. Klesnil et al. (1965) uvádějí, že pro tvorbu jednotky sušiny vojtěška odpaří 500 - 900 jednotek vody, v teplých oblastech až 1600 jednotek. Transpirační koeficient vojtěšky je o jednu třetinu vyšší než u vlhkomilného jetele červeného (Šantrůček et al., 2011). Telieiová (2013) popisuje, že nejvyšší nároky na vláhu má vojtěška v období před květem a po seči. Podle Rotrekla et Babince (2006) je doporučena vodní nasycenost půdy 70 % při tvorbě lodyh, 80 % při butonizaci a 40 – 50 % při kvetení. Optimální úhrn srážek pro pěstování vojtěšky je 500 - 600 mm (Klesnil et al., 1965). Hluboký kořenový systém zajišťuje vojtěšce určitou suchovzdornost, z toho důvodu mohou srážky krýt jen dvě třetiny celkové spotřeby vody. Při kritickém nedostatku vláhy sklápí složené listy a zastavuje růst (Šantrůček et al., 2011).

Vojtěška se pěstuje na hlubokých, středně těžkých až lehkých půdách. Podle Klesnila et al. (1965) jsou nejvhodnější karbonátové půdy s propustnou spodinou. Vhodné půdní druhy jsou černozemě, hnědozemě, lužní a nivní půdy nebo rendziny (Rotrekl et Babinec, 2006). Vojtěška je citlivá na mechanické, chemické a fyzikální vlastnosti půdy, především na poměr vody a vzduchu v půdě (Šantrůček et al., 2011). Pro správný vývin kořenů je optimální 60 % kapilární vlhkosti. Klesnil et al. (1965) popisují, že přechodné zvýšení vlhkosti snáší vojtěška dobře, kdežto dlouhodobé převlhčení půdy způsobuje špatný vývin kořenů a snížení vytrvalosti rostliny. Vojtěška snáší vyšší koncentrace solí v půdě (Klesnil et al., 1965), ale je

citlivá k vyššímu zastoupení chloridu sodného a uhličitanu sodného. Optimální hodnota pH půdy pro vojtěšku je 6,5 - 7,5. Je náročná na vápno, které upravuje půdní reakci (Klesnil et al., 1965). Telieiová (2013) ve své práci popisuje, že pěstování vojtěšky na půdách kyselých, mělkých nebo s hladinou vody vyšší než 1,5 metru způsobuje ztrátu vytrvalosti a mezerovitost porostu.

Dalším požadavkem je dobře prokypřená půda. Telieiová (2013) uvádí, že správná prokypřenost půdy je nezbytná pro obrůstání z pupenů na kořenovém krčku. Ten se každým rokem rozvětjuje a zatahuje rostlinu hlouběji do půdy; 1cm za rok (Telieiová, 2013). Obrůstací schopnosti a ranost vojtěšky jsou v úzkém vztahu s její vytrvalostí. Klesnil et al. (1965) popisují, že rané odrůdy s vysokou obrůstací schopností dosahují plných výnosů dříve a jsou méně vytrvalé.

3.4 Pěstování a agrotechnika

Vojtěška je víceletá pícnina, která dosahuje plné výnosové schopnosti ve druhém až třetím užitkovém roce. Klesnil et al. (1965) uvádějí, že při dodržení správné agrotechniky a optimálních podmínek pro růst se může vojtěška pěstovat 7 - 9 let. Při pěstování v nepříznivých podmínkách a na nevhodných půdách porosty mohou prořádnout již po 2 - 3 letech (Šantrůček et al., 2011). Vojtěšku lze pěstovat na hlubších půdách v kukuřičné, řepařské (Klesnil et al., 1965) i bramborářské výrobní oblasti (Rotrekl et Babinec, 2006). Průměrně poskytuje 3 až 5 sečí za rok v závislosti na úrodnosti půdy, vlhkosti a klimatu (Aldrich, 2013). V bramborářské oblasti vojtěška dává 2 seče, v závlahových podmínkách kukuřičné oblasti při dostatečné výživě i 5 – 6 sečí (Klesnil et al., 1965; Aldrich, 2013). První seč provádíme zpravidla v době, kdy první 2 - 3 listy ve spodu lodyh začínají žloutnout (Velich et al., 1994). Důležitý je odstup mezi předposlední a poslední sečí, který by měl trvat nejméně 8 – 9 týdnů z důvodů nahromadění zásobních látek v kořenech a kořenovém krčku (Šantrůček et al., 2011).

Vojtěška se v osevním postupu řadí po 4 - 6 letech jako druhá nebo třetí následná plodina po hnojené okopanině (Aldrich, 2013). Rotrekl et Babinec (2006) uvádějí, že podmínka k uznání semenářského porostu jsou 3 roky stáří porostu. Další podmínkou je čistý, nezaplevelený pozemek, problémové jsou zejména vytrvalé plevele (např. kokotice, záraza aj.) nebo jiné obtížně čistitelné druhy (např. jetel švédský, štírovník růžkatý aj.) (Rotrekl et Babinec, 2006). V osevních postupech je vojtěška řazena k zlepšujícím plodinám

(Rotrekl et Babinec, 2006) pro její schopnost zlepšovat strukturu a úrodnost půdy (Telieiová, 2013).

Podzimní příprava půdy zahrnuje podmítku a hlubokou orbu 250 – 300 mm (Klesnil et al., 1965), na těžších půdách s utuženým podložím se provádí podrývání (Velich et al., 1994). Jarní předset'ová příprava je zaměřena na dokonalé rozdrobení hrud a urovnání povrchu. Před setím se provádí uválení povrchu půdy (Klesnil et al., 1965).

Vojtěška se vysévá v březnu až dubnu do hloubky 12 – 20 mm, na lehčích půdách 20 – 25 mm (Hrabě et al., 2004). Pro vysoké výnosy píce se vojtěška seje do úzkých řádků, ideální rozteč řádku je 12,5 cm (Šantrůček et al., 2011). Optimální výsevek se pohybuje mezi 15 – 18 kg/ha (Hrabě et al., 2004).

Vojtěška se nejčastěji zakládá do krycí plodiny (obiloviny či luskoviny), další možností je čistý výsev bez krycí plodiny. Porost není omezován konkurencí krycí plodiny, ale hůře vzchází a trpí vyšším zaplevelením (Šantrůček et al., 2011). Požadavkem je kompletně zapojený porost (Klesnil et al., 1965).

Podle podmínek a stáří porostu se po prvním přezimování optimální počet rostlin na 1 m² pohybuje rozmezí 150 – 240, přičemž by se v 1. seči mělo vytvořit 1000 – 1500 lodyh na 1 m² (Klesnil et al., 1965). U mezerovitých porostů lze provést do 1 až 2 měsíců dodatečný přísev vojtěšky. Velmi řídké porosty s hustotou 500 – 600 lodyh na m² se doporučuje zaorávat (Šantrůček et al., 2011). U vojtěšky pěstované na semeno jsou vyhovující porosty do 80 (90) rostlin na m² s maximálním počtem lodyh do 500 na m². Další z možností je získávání semene vojtěšky z 1. seče z porostů založených letním výsevem v předcházejícím roce (Velich et al., 1994).

3.5 Hnojení a výživa

Názory na hnojení se v literatuře značně rozcházejí (Klesnil et al., 1965). Hluboký kořenový systém vojtěšky umožňuje čerpat živiny z ornice i z hlubších vrstev půdy, což je např. v období sucha výhodou. Klesnil et al. (1965) publikují, že pro výnos 10 t sena vojtěška spotřebuje 260 kg N, 200 - 250 kg Ca, 150 - 180 kg K a 60 - 70 kg kyseliny fosforečné. Skutečná spotřeba je kvůli ukládání živin do kořenového systému vojtěšky o 20 – 25 % vyšší (Šantrůček et al., 2011).

Pro vytvoření vysokého výnosu bílkovin je nejdůležitějším prvkem N (Klesnil et al., 1965). Symbiotický vztah čeledi bobovité (Fabaceae) s mikroorganismy hraje důležitou roli

při hnojení půdy a zlepšuje růst a minerální výživu rostlin (Mášková et al., 2013). Bakteriálním fixátorem dusíku jsou gramnegativní bakterie, zvané hlízkovité bakterie (rhizobia). Nejznámější jsou rody *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* nebo *Sinorhizobium* (Klesnil et al., 1965). Vojtěška může z této symbiózy získat až 90 % N a pouze 10 % odebrat z půdních zásob (Rotrekl et Babinec, 2006). Krawutschke et al. (2013) uvádějí, že poutáním vzdušného N vojtěška významně přispívá ke snížení vstupních nákladů na dusíkatá hnojiva. Používání dusíkatých hnojiv u monokultur jetelovin se v podmínkách ČR považuje za neekonomické a podporuje zaplevelení porostů (Telieiová, 2013). Vojtěška je považována za vynikající extraktor N (Oliveira et al., 2004). Někteří autoři uvádějí, že fixace N₂ za rok je u vojtěšky obecně vyšší než u jiných luštěnin. Kubát et al. (2003) stanovili, že v podmínkách ČR by měla roční N₂ fixace přesáhnout 200 kg N/ha. Carlsson et Huss-Danell (2003) dokonce uvádějí N₂ fixaci v rozsahu až do 350 kg N/ha za rok pro monokulturu vojtěšky. Účinnost fixace N₂ u vojtěšky ovlivňuje především genotyp Rhizobia a faktory životního prostředí (Oliveira et al., 2004). Oliveira et al. (2004) dále uvedli, že nepřítomnost i vysoká koncentrace N v půdě negativně ovlivňuje proces tvorby hlízek. To potvrzují také Ledgard et Steele (1992), kteří ve své práci popsali závislost snižující se N₂ fixace na zvyšujícím se N hnojení v suchých podmínkách. Půdní N vojtěška využívá pouze během prvních týdnů růstu, než se na kořenech vytvoří hlízkovité nádorky (Klesnil et al., 1965). Rotrekl et Babinec (2006) uvádějí, že na pozemcích s nízkou biologickou aktivitou nebo kde nebyla vojtěška dlouho pěstována, je vhodné infikovat osivo efektivními kmeny Rhizobií. Očkováním osiva těsně před setím můžeme zajistit dostatečné množství efektivních kmenů hlízkovitých bakterií v blízkosti kořene a tím dostatek N pro rostliny i bez dusíkatého hnojení. Rotrekl et Babinec (2006) zmiňují, že inokulace by měla u tradičních leguminóz zvýšit výnos o 5 až 15 %. Podle Telieiové (2013) je možné očkováním zvýšit hektarové výnosy z plodin, zatímco výzkumy Máškové et al. (2013) naznačují, že na úrodných půdách je efekt očkování osiva nízký. Další výhodou N₂ fixace je skutečnost, že přirozeně zvyšuje aktivitu fosfatázy (Telieiová, 2013), což má pozitivní dopad na zlepšení příjmu fosforu.

Fosfor čerpá vojtěška z půdy nejméně ze všech makroprvků. Tento prvek je v našich půdách v nedostatku, proto má hnojení kyselinou fosforečnou rozhodující význam (Klesnil et al., 1965). Nejčastěji se k hnojení P užívá Thomasova moučka nebo superfosfáty. Surový superfosfát je ale pro hnojení vojtěšky nevhodný, kvůli špatné přístupnosti kyseliny fosforečné v této formě hnojiva (Šantrůček et al., 2011). Rotrekl et Babinec (2006) uvádějí, že doporučená roční dávka fosforu při středním obsahu přístupného fosforu v půdě je kolem 40 kg P/ha/rok. Kvůli špatné pohyblivosti kyseliny fosforečné v půdním profilu se nejčastěji

hnojí fosforečnými hnojivy při orbě zásobně k předplodině nebo při přípravě půdy na podzim (Rotrekl et Babinec, 2006). Podle Klesnila et al. (1965) se v praxi často setkáváme se špatným postupem fosforečného hnojení vojtěšky, kdy se podceňuje správná předset'ová výživa a ve snaze rychle dosáhnout vyššího účinku ve stejném roce, se rostliny pouze povrchově přihnojují. Telieiová (2013) uvádí, že při povrchovém přihnojení vojtěška špatně využívá P, proto je tato metoda hnojení zcela nevhodná. V době zakořeňování je možné zlepšit výživu použitím kombinovaných secích strojů zapravující hnojivo 2 - 3 cm pod vysetá semena (Šantrůček et al., 2011).

Draselnými hnojivy se hnojí podle obsahu K v půdě 50 - 120 kg/ha/rok. Z hlediska obsahu prvků má vojtěška schopnost absorbovat více K než je potřebné pro maximální růst. Toto chování se nazývá „luxusní“ spotřeba. Rotrekl et Babinec (2006) dodávají, že vzhledem k větší pohyblivosti K v půdě a k luxusnímu příjmu draslíku vojtěškou je vhodné dávku hnojení rozdělit. Doporučuje se větší část zapravit orbou společně s P na podzim při přípravě půdy (Klesnil et al., 1965) a zbytek aplikovat po 1. seči druhého vegetačního roku (Rotrekl et Babinec, 2006). Podle Klesnila et al. (1965) podzimní hnojení fosforečnými a draselnými hnojivy rovněž zlepšuje přezimování vojtěšky. Rotrekl et Babinec (2006) uvádějí, že použití draselných hnojiv při předset'ové přípravě půdy se nedoporučuje kvůli nebezpečí plazmolýzy klíčících rostlin. Pro hnojení K se často užívá draselná sůl, nebo hnojiva obsahující zároveň síru a hořčík potřebné pro tvorbu bílkovin (Klesnil et al., 1965).

Vápník je pro vojtěšku velmi důležitým prvkem. Podle Klesnila et al. (1965) ovlivňuje výnos a vytrvalost vojtěšky. Vápno zlepšuje fyzikální vlastnosti půdy, zlepšuje její provzdušnění a úpravou pH půdy přispívá k účinnějšímu poutání vzdušného N hlízkovými bakteriemi (Šantrůček et al., 2011). Vápníkem se hnojí k předplodinám. Rotrekl et Babinec (2006) uvádějí, že na lehčích půdách je vhodný vápenec (1 - 3 t/ha) kdežto na těžších půdách pálené vápno (0,5 - 2 t/ha). Vojtěška se nejlépe vyvíjí při obsahu 0,5 % CaCO_3 v půdě v celém půdním profilu (Klesnil et al., 1965). Na půdách chudých na Ca je nutné před zařazením vojtěšky vydatně vápnit (Rotrekl et Babinec, 2006). Hnojení vojtěšky stopovými prvky není v našich podmínkách potřeba. Podle Rotrekla et Babince (2006) je dodáním mikroprvků účelné zejména pro dosažení vyšších výnosů semene. Na kyselých půdách se může ve výjimečných případech objevit deficit boru nebo molybdenu (Klesnil et al., 1965). Bor lze doplnit přihnojením ve formě Boraxu, Soluboru nebo Veboritu (Rotrekl et Babinec, 2006). Pro doplnění molybdenu, který zlepšuje činnost hlízkovitých bakterií, je možné použít molybdenan sodný, molybdenan amonný nebo Molychel (Rotrekl et Babinec, 2006).

Přímé hnojení statkovými hnojivy se v praxi neužívá. Vhodné je zařadit vojtěšku po hnojem hnojené okopanině (Klesnil et al., 1965).

3.6 Kvalita píce vojtěšky

Vojtěška setá má nejvyšší výživnou hodnotu z jetelovin (Zeman et al. 2006). Poskytuje stálé a vysoké výnosy biomasy (Telieiová, 2013). Rotrekl et Babinec (2006) dodávají, že výnos vojtěšky se pohybuje okolo 10 t/ha, pod závlahou až 20 t/ha suché píce. Obsahuje velké množství rostlinných bílkovin a příznivé zastoupení ostatních kvalitativních složek píce (Rotrekl et Babinec, 2006). Proto je považována za jednu z nejkvalitnějších rostlin ke krmení hospodářských zvířat (Telieiová, 2013).

3.6.1 Nutriční hodnota

Ve srovnání s ostatními pícninami má vojtěška nejvyšší zastoupení dusíkatých látek (NL). Hektarový výnos bílkovin se pohybuje od 1,5 do 2,5 t/ha (Rotrekl et Babinec, 2006). Zeman et al. (2006) uvádějí, že NL vojtěšky jsou degradovatelné ze 75 – 78 %. Sušina vojtěšky obsahuje 14 – 22 % bílkovin, 40 % BNLV (bez dusíkatých látek výtazkových) včetně 5 % cukrů, do 5 % hrubého tuku, 15 – 30 % hrubé vlákniny (CF) a 9 – 10 % popelovin (Rotrekl et Babinec, 2006; Telieiová, 2013). Telieiová (2013) popisuje, že vojtěška je významným zdrojem vitamínů a minerálních látek. Zastoupení popelovin se pohybuje v množstvích: P 0,26 %, K 1,8 – 2,2 %, Ca 1,6 – 2,5 %, Mg 0,27 %, Na 0,2 – 0,3 %, Fe 0,1 – 0,2 % a S 0,24 %. Aldrich (2013) dodává, že 20 - 30 % Ca je vázaného ve formě šřavelanu vápenatého, což snižuje jeho biologickou dostupnost. Poměr Ca : P u vojtěšky je 6 – 8 : 1 (Zeman et al., 2006). Významný je vysoký obsah beta-karotenu, vitamínů skupiny B a vitamínu K (Aldrich, 2013). Rotrekl et Babinec (2006) uvádějí, že v 1 kg zelené píce je 2000 - 3000 mg vitamínu C, 500 mg vitamínu E a 30 - 80 mg karotenu. Vojtěška dále obsahuje chlorofyl a bioaktivní látky, především saponiny a fytoestrogeny (Aldrich, 2013).

Nutriční hodnota píce se vlivem lignifikace během vegetace rychle mění (Krawutschke et al., 2013). Optimální fenologická fáze je stadium butonizace (tvorba pupat), kdy má vojtěška nejvyšší koncentraci energie (5,63 MJ NEL/kg sušiny) a nejvíce NL (249 g/kg sušiny) (Zeman et al., 2006). Změny nutričních hodnot v průběhu vegetace a stáří porostu jsou podrobněji popsány v kapitole 3.7 Parametry ovlivňující kvalitu.

Jak již bylo zmíněno, stravitelnost organické hmoty je ovlivněna obsahem vlákniny (přesněji podílem ligninu a obsahem celulózy - Zeman et al., 2006) a stupněm olistění rostliny (Míka et al., 1997). Listy a lodyhy se výrazně kvalitativně liší. Listy vojtěšky jsou nejkvalitnější částí rostliny a podle Telieové (2013) jsou stravitelné z 80 %. Mitrík (2006) uvádí, že v listech je obsaženo přes 30 % NL, 18 – 28 % neutrálně detergentní vlákniny (NDF) a 12 – 20 % acidodetergentní vlákniny (ADF), zatímco ve stoncích je jen 10 – 20 % NL a téměř 35 – 70 % NDF a 30 – 55 % ADF. Podíl listů stárnutím porostu klesá (Mitrík, 2006). Dále Šimko et al. (2006) uvádějí, že podíl listů v rané fázi první seče se pohybuje v rozmezí 42 – 48 %, zatímco ve druhé seči klesá rozmezí na 28 – 45 %. Stravitelnost je také ovlivněna zejména obsahem fenolických látek (Míka et al., 1997).

Problémovou složkou vojtěšky a dalších jetelovin je výskyt antinutričních látek s fytoestrogenní aktivitou. Jsou to kumestany (kumestrol, kumestan, trifoliol) a také izoflavony (biochanin, genistein aj.), které mají 30x nižší fytoestrogenní aktivitu. Nejvyšší koncentrace je v listech (Klesnil et al., 1965; Zeman et al., 2006). Zeman et al. (2006) popisuje průměrný obsah kumestrolu ve vojtěšce v rozmezí 6 – 25 mg/kg sušiny, podle průběhu dne a výskytu stresových podmínek. Další problémovou látkou jsou saponiny (glykosidy). Všechny tyto látky jsou označeny jako antinutriční, snižují kvalitu vojtěšky a příjem píče zvířaty (Míka et al., 1997).

V rostlinných buňkách je rozpustná i nerozpustná vláknina lokalizována především v buněčných stěnách. Lignin a celulóza zde poskytují mechanickou podporu a rámec pro dopravu vody a živin (Milíč et al., 2014). Dusíkaté látky a popeloviny obsahuje v menší míře. Sřední lamela se skládá především z ligninu, pektinů a kutinu. Intracelulární prostor obsahuje hlavně dusíkaté látky, bezdusíkaté látky výtažkové, popeloviny a v malé míře vlákninu (Mudřík et al., 2006).

3.6.2 Hodnocení kvality píče

Při hodnocení kvality píče se sledují jak morfologické znaky (hustota a výška porostu, poměr listů a lodyh, tuhost a postavení listů na lodyze, aj.) tak chemická skladba píče (kvalitativní znaky) (Mitrík, 2006). Mezi nejdůležitější hodnocené kvalitativní ukazatele patří obsah metabolizovatelné energie a stravitelnost sušiny (Zeman et al., 2006). Gallo et al. (2013) popisuje stanovení sušiny (DM) gravimetricky při zahřívání hmoty při 105 °C po dobu

tří hodin. Stravitelnost sušiny se hodnotí především podle % zastoupení jednotlivých frakcí vlákniny. Jedná se o 3 základní frakce: NDF, ADF a nestravitelná ADL (acidodetergentní lignin) (Mudřík et al., 2013). Dalším důležitým ukazatelem kvality píce vojtěšky je obsah NL, zahrnující jeho pronutriční (aminokyseliny a stravitelné bílkoviny) i antinutriční složky (nitráty, amidy, amoniakální dusík aj.) (Zeman et al., 2006). Chutnost píce a její technologickou jakost ovlivňuje dále obsah vodorozpustných cukrů. Důležité je též množství a poměr makroprvků a obsah vitamínů a jejich prekurzorů (Mudřík et al., 2013).

Pro správné naplánování sklizně vojtěšky z hlediska vysoké kvality píce by mělo být užíváno jednoduchých, rychlých a rozumně přesných metod (Andrzejewska et al., 2014).

V komerčních laboratořích se pro hodnocení nutriční hodnoty krmiv široce používá blízká infračervená spektroskopie (NIRS). Při správné kalibraci tato nepřímá metoda poskytuje poměrně přesné údaje o nutriční hodnotě do 2 - 4 dnů, v závislosti na kapacitě laboratoře (Andrzejewska et al., 2014). Tato metoda je přesná a rychlejší než standardní laboratorní rozbor kvality píce. Z hlediska potřeby v polních podmínkách a při potřebě rychlého rozhodování při sklizni ale není vhodná (Owens et al., 1995).

Krmná hodnota píce je úzce spojena s načasováním sklizně. Z toho důvodu řada autorů používá prediktivní modely k předpovědi optimálního data sklizně (Hakl et al., 2013). Většina předpovědí jsou zaměřeny především na určení obsahu NDF a ADF, ale i na NL a 24 hodinovou stravitelnost *in vitro* - IVTDMD (Sulc et al., 1997). Dříve byly pro predikci vláknitých složek užívány modely založené na údajích o počasí - GDD (growing degree days) nebo na stupni zralosti píce (Andrzejewska et al., 2014). Metoda GDD je v dnešní době využívána při vývoji kukuřice, ale u vytrvalých pícnin není příliš úspěšná (Sulc et al., 1999). Při nedostatečné půdní vlhkosti, což se často vyskytuje v průběhu růstu u druhé seče, je tento model nespolehlivý (Sulc et al., 1997).

Jiné jednofaktorové modely založené např. na délce lodyhy (NYPQ) také nebyly z hlediska přesnosti dostatečně vyhovující (Parson et al., 2006). Pro predikci vlákniny a NL v píci je v dnešní době používáno modelů využívající morfologické vlastnosti ve vztahu k vývojovému stádiu rostliny (Owens et al., 1995). Pro vojtěšku (*Medicago sativa L.*) patří k nejužívanějším predikční rovnice pro kvalitu píce PEAQ. Metoda je založena na délce nejdelší lodyhy a fázi nejzralejšího lodyhy ve vzorku (Sulc et al., 1997). Owens et al. (1995) ve své práci ve Wisconsinu ověřili pomocí PEAQ předpovědi ADF a ADL se stejnou přesností jako laboratorní metoda NIRS. Ke stejným výsledkům došli např. Undersander and Martin, (1997). Vhodnost metody potvrzuje ve svém výzkumu i Hakl et al. (2013), kteří uvádějí, že pro predikci NL v píci vojtěšky mohou být s podobným úspěchem použity alometrické

funkce i funkce PEAQ. Obě metody PAEQ a NYPQ pro odhad koncentrace vlákniny ve vojtěšce v polních podmínkách jsou jednoduché, rychlé a levné (Andrzejewska et al., 2014).

Další možností vyhodnotit kvalitu píce užívanou ve stravě hospodářských zvířat mohou být biologické metody např. *in situ* – bachorový rozklad NDF (Robinson et al., 2004). Bylo prokázáno, že biologické měření může zlepšit predikce stravitelnosti živin a energetické hodnoty krmiv *in vivo* (Gallo et al., 2013).

V případě využití chemických metod laboratorního stanovení obsahu kvalitativních složek v píci vojtěšky se užívá různých analytických metod.

3.6.3 Vybrané charakteristiky kvality vojtěšky a jejich hodnocení

3.6.3.1 Dusíkaté látky a jejich stanovení

Z hlediska výživy zvířat se v rostlinných buňkách nejvíce sledují volné aminokyseliny (AMK) a bílkoviny (Mudřík et al., 2013). Do NL jsou dále řazeny amidy, dusíkaté báze, dusičnany, puriny a pyrimidiny, nukleové kyseliny, porfyriny, chlorofyl, alkaloidy, pigmenty a v malé míře amoniakální dusík. NL vyjadřují obsah dusíku v krmivu jako prvku násobeného zpravidla koeficientem 6,25. Ten je odvozen ze skutečnosti, že bílkoviny obsahují 16 % dusíku (Zeman et al., 2006).

Vojtěška setá má vysokou nutriční hodnotu, ale její protein je charakterizován rychlou a rozsáhlou degradací v bachoru (Krawutsche et al., 2013). Přesto mohou bachorové mikroorganismy a rostlinné proteázy svojí činností pokrýt potřebu N přežvýkavci. Bachorové ztráty N jsou výsledkem nerovnováhy sacharidů a bílkovin v krmivu (Tamminga, 1996). Jednou z metod pro odhad degradace NL v bachoru představuje systém frakcionace NL (tzv. Cornell Net Carbohydrate and Protein System – CNCPS). Tento systém klasifikuje NL do tří frakcí (A, B a C) podle jejich míry degradace v bachoru (Zeman et al., 2006). Rozdělení NL do frakcí je znázorněno v tabulce 1:

Tabulka 1: Složení proteinových frakcí, jejich degradace v bacheru

| Frakce | Složení | Degradace v bacheru (%/h) | Trávení ve střevech (%) |
|--------|---|---------------------------|-------------------------|
| A | NH ₃ , NO ₃ , AMK, peptidy | Rychlá | Nic nepřechází do střev |
| B1 | Globuliny, některé albuminy | 200 - 300 | 100 |
| B2 | Většina albuminů, gluteliny | 5 - 15 | 100 |
| B3 | Prolaminy, extenzivní proteiny, denaturované proteiny | 0 - 0,5 | 80 |
| C | Produkty Mailardovy reakce, N vázaný na lignin | 0 | 0 |

(Zdroj: Zeman et al., 2006)

První frakce A představuje NL nebílkovinné povahy (NPN). Frakce B zahrnuje potencionálně odbouratelné pravé bílkoviny a dělí se na 3 dílčí frakce podle jejich klesající rychlosti degradace v bacheru (Sniffen et al., 1992). Třetí frakce C obsahuje proteiny navázané na lignin, tanin-proteinové komplexy a produkty Maillardovi reakce (Zeman et al., 2006). U jetelovin je 50 – 60 % bílkovin zastoupeno v nejrozpustnějších frakcích s převahou frakce A (Sniffen et al., 1992). Vojtěška setá na rozdíl od jetele neobsahuje polyfenoloxidázy a taniny, z toho důvodu NL v píci vojtěšky podléhají rychlejší degradaci v bacheru (Krawutsche et al., 2013). Autoři dále doplňují, že se dosavadní studie o vlivu fenologické fáze na podílové zastoupení jednotlivých frakcí v píci vojtěšky značně rozcházejí.

Pro stanovení obsahu dusíkatých látek se v dnešní době užívá mnoho analytických metod. Po dlouhou dobu byla nejčastěji používanou metodou mineralizačně-titrační Kjeldahlova metoda pro stanovení celkových NL (ČSN EN ISO 16634-1, 2008). Je to analytická metoda založená na mineralizaci organických dusíkatých látek varem s koncentrovanou kyselinou sírovou, následné neutralizaci (síranem amonným) a alkalizaci směsi. N je následně stanovován titračně (Milíč et al., 2014). Tato metoda je v poslední době nahrazována Dumasovou metodou, která je ceněná pro rychlost a absenci používání chemických látek. Princip spočívá v měření vodivosti plynů po spálení vzorku v O₂ atmosféře. Výhodou spalovací metody podle Dumase je přesnější stanovení veškerého N v rostlině (ČSN EN ISO 16634-1, 2008). Obsah NL lze stanovit také pomocí blízké infračervené spektroskopie - metody NIRS. Metoda NIRS je jednoduchá a rychlá, zahrnující blízkou

infračervenou oblast z elektromagnetického spektra (800 - 2500 nm) (Andrzejewska et al., 2014). Bílkoviny mohou být dále stanoveny po vysrážení mědnatým činidlem (podle Barnsteina) nebo tanninem jako NL (Zeman et al., 2006). Stravitelné bílkoviny se stanovují většinou enzymaticky pepsinem (+ kyselina chlorovodíková - HCl), trypsinem, biuretovou reakcí, aj. v kombinaci s Kjeldahlovou metodou (Gallo et al., 2013). Obsah AMK je možno získat po hydrolýze polypeptidů a po jímání v koloně plynovou chromatografií, nebo kapalinovou chromatografií či jinými metodami (Milíč et al., 2014).

K hodnocení NL pro přežvýkavce se jako ukazatel využívá systém PDI: množství proteinu skutečně stravitelného v tenkém střevě. PDI se skládá ze dvou hodnot PDIN a PDIE (Mudřík et al., 2013). Součástí obou hodnot je ukazatel PDIA (rostlinný protein nedegradovatelný v batoru = skutečně stravitelný v tenkém střevě) a PDIM (mikrobiální protein skutečně stravitelný v tenkém střevě) (Zeman et al., 2006). Pro zajištění proteosyntézy poskytuje píče mikroorganismům v batoru jak degradovatelný protein, tak dostupnou energii. Proto má ukazatel PDIM dvě formy. První složkou je PDIMN, které je označováno jako množství mikrobiálního proteinu, které může být v batoru syntetizováno z degradovatelného proteinu krmiva, není-li obsah dostupné energie a dalších živin limitující. Další složkou je PDIME, což je množství mikrobiálního proteinu, které může být v batoru syntetizováno z dostupné energie, není-li obsah degradovatelného proteinu krmiva a dalších živin limitující (Mudřík et al., 2013). Nižší z jednotek PDI (PDIN nebo PDIE) vyjadřuje skutečnou nutriční hodnotu krmiva, zatímco vyšší představuje hodnotu potenciální, které lze dosáhnout kombinací s vhodným komplementárním krmivem. Jakost píče je tedy tvořena jednak množstvím NL a dostupné energie v píci a jednak vyvážeností jejich vzájemného poměru (Zeman et al., 2006; Mudřík et al., 2013).

3.6.3.2 Vlákna a její stanovení

Významnou složkou píče jsou strukturální sacharidy, představující vlákninový komplex. Vláknu tvoří celulóza, hemicelulóza, pektiny a lignin (Zeman et al., 2006). Stravitelnost vlákniny je dána vzájemným zastoupením strukturálních (hemicelulóza a celulóza) a nestrukturálních (cukry, škroby, pektiny atd.) sacharidů v krmivu (Míka et al., 1997). Význam vlákniny spočívá v zabezpečení mechanického nasycení hospodářských zvířat, podporuje peristaltiku střev a činnost batoru (Míka et al., 1997). V krmné dávce dojnic by měl být celkový obsah vlákniny 15 – 21 % krmné dávky (Kudrna et Homolka, 2007). Zeman et al.

(2006) uvádějí, že minimální obsah vlákniny v píci je 14 %, který je hraniční pro zachování ruminace a správné peristaltiky střev u skotu. Naopak přesáhnutím maximálního obsahu 28 % může dojít vlivem snížení stravitelnosti píce k poklesu užitkovosti. Vlákna je limitující faktor příjmu a stravitelnosti krmiva (Mudřík et al., 2013). Vlákninový komplex lze stanovit různými metodami, kterými je možné získat i rozdílné vláknité frakce.

Velmi rozšířené stanovení vlákniny je stanovení hrubé vlákniny. Používají se metody např. Henneberg-Stohmanova analýza nebo Scharrer – Kürschnerova analýza (Gallo et al., 2013). Ke stanovení hrubé vlákniny se nejčastěji užívá stanovení vlákninových frakcí (Zeman et al., 2006). Nejširší frakcí je NDF, kterou stanovujeme hydrolyzou píce v neutrálním prostředí. Tvoří ji hemicelulóza, celulóza a lignin (Milíč et al., 2014). NDF je považována za nejdůležitější faktor omezující příjem píce přežvýkavci, z toho důvodu je při sklizni a krmení zvířat nejvíce sledována (Van Soest, 1995). Cherney et al. (1994) uvádějí, že optimální koncentrace NDF ve vojtěšce pro vysokoproduktivní dojnice se pohybuje v rozmezí od 400 g/kg (na seno) do 450 g/kg (siláž). Mezi obsahem NDF a stravitelností existuje negativní korelace a podle obsahu NDF lze s využitím regresních rovnic dopočítat i stravitelnost píce (Zeman et al., 2006). Další frakcí je ADF, kterou lze získat hydrolyzou píce nebo NDF v kyselém prostředí H₂SO₄. Tvoří jí celulóza a lignin (lignocelulózový komplex) (Zeman et al., 2006). Albrecht et Beauchemin (2003) uvádějí, že je ADF často užívána v predikčních rovnicích pro odhad stravitelné energie ve vojtěšce a jiných jetelovinách. Množství hemicelulózy lze orientačně zjistit rozdílem NDF – ADF. Optimální koncentrace ADF v krmné dávce skotu činí 220 g.kg⁻¹ sušiny (Gallo et al., 2013). Srovnání obsahu hrubé vlákniny, ADF a NDF v krmivech je uvedeno v tabulce 2.

Tabulka 2: Obsah vlákniny v píci měřený třemi technikami

| Píce | Hrubá vláknina % | ADF % | NDF % |
|-----------------|------------------|-------|-------|
| Vojtěškové seno | 22 | 29 | 40 |
| Jetel | 21 | 32 | 36 |
| Kukuřičná siláž | 24 | 28 | 51 |
| Travní seno | 30 | 35 | 65 |

(Zdroj: Jihočeská univerzita České Budějovice, 2010)

Nestravitelnou frakcí vlákniny je ADL. Stanoví se vázkově po kyselé hydrolyze ADF (72 % H₂SO₄ za studena) (Milíč et al., 2014). Obsah ADL v pícninách se pohybuje v rozpětí

50 – 80 g.kg⁻¹ sušiny s optimální koncentrací pro skot do 70 g.kg⁻¹ sušiny. Množství celulózy v píci lze orientačně zjistit rozdílem ADF – ADL (Mudřík et al., 2006). Hodnoty ADL mají rovněž úzký vztah ke stravitelnosti píce a z jejich hodnot lze pomocí regresních rovnic dopočítat i obsah stravitelné sušiny (DMD) nebo stravitelné organické hmoty (SOH) (Zeman et al., 2006). Standardní laboratorní analýzy vlákniny a jejich porovnání s „odhady“ koncentrací vlákniny jsou základem hodnocení kvality píce (Van Soest, 1996). Analýzy těchto frakcí vlákniny mohou být prováděny na automatizovaných zařízeních, jako například v Ankom 2000 Fiber Analyzer (Gallo et al., 2013; Milíč et al., 2014), pomocí metody NIRS (Andrzejewska et al., 2014) nebo Fibercap přístroji (Pozdíšek et Trojanová, 2011).

3.6.3.3 BNLV a jeho stanovení

Do bezdusíkatých látek výtažkových jsou řazeny WSC = vodorozpustné cukry (mono-, di- a oligosacharidy), fruktany, škrob, pektiny, volné fenoly, kyselina šřavelová, karboxylové kyseliny metabolických cyklů, vitamíny, silice, saponiny, terpeny a steroidy, acetylen, třísloviny, tanniny, glykosinoláty, fytoestrogeny a alkaloidy (tj. sekundární metabolity, z nichž většina patří mezi NL) (Klesnil et al., 1965; Zeman et al., 2006). BNLV tvoří rozpustnou a stravitelnou frakci, některé látky však mají antinutriční účinky. Významnou složkou BNLV jsou vodorozpustné cukry (WSC) a nestrukturní cukry (TNC).

Obsah BNLV se určuje výpočtem při známém obsahu NL, vlákniny a popelovin (Zeman et al., 2006). WSC se stanovuje různými metodami po předchozí extrakci z píce alkoholem (Gallo et al., 2013). Obsah WSC v píci vojtěšky se pohybuje pouze v rozpětí 32 - 41 g.kg⁻¹ sušiny a je důležitý jako zdroj energie při procesu trávení. Z hlediska nízkého obsahu vodorozpustných cukrů a vysokého podílu pufrujících látek v píci se vojtěška špatně siláží (Mudřík et al., 2013). Zásobní sacharid u jetelovin je škrob. Jeho stanovení se provádí různými metodami po kyselé nebo enzymatické hydrolýze, po extrakci alkoholem a po odečtu WSC (Zeman et al., 2006). Podobně jako u proteinu byly frakce sacharidů rozděleny podle rychlosti jejich degradace v bachoru (Zeman et al., 2006) – viz tabulka 3.

Tabulka 3: Složení sacharidových frakcí, jejich degradace v bachoru

| Frakce | Složení | Degradace v bachoru (%/h) | Trávení ve střevech (%) |
|--------|---|---------------------------|------------------------------|
| A | Organické kyseliny, cukry | 200 - 350 | Málo přechází do střev – 100 |
| B1 | Škrob, beta glukany, pektiny | 20 - 40 | 75 |
| B2 | Využitelná vláknina, hemicelulóza, celulóza | 2 - 10 | 20 |
| C | Lignin, vláknina spojená s ligninem | 0 | 0 |

(Zdroj: Zeman et al., 2006)

3.6.3.4 Popeloviny a jejich stanovení

Obsah minerálních látek v píci je ovlivňován obsahem a přístupností prvků v půdě (Míka et al., 1997). V živočišném organismu mají minerální látky významný vliv na normální průběh metabolických procesů, čímž ovlivňují užitek, zdraví zvířat či jejich reprodukci (Zeman et al., 2006). Popeloviny se stanovují gravimetricky jako zbytek po spálení pícní hmoty při 550 °C (Gallo et al., 2013). Vedle obsahu makro (P, K, Ca, Mg, Na, S) a mikroelementů (Mo, Mn, Se, Co, Cl, Fe aj.) rozhoduje o kvalitě píce i vzájemný poměr prvků (Zeman et al., 2006).

3.7 Parametry ovlivňující kvalitu

Nutriční hodnota píce je ovlivňována řadou faktorů (Krawutschke et al., 2013). Mezi nejvýznamnější patří volba druhu a odrůdy, environmentální podmínky, stupeň zralosti, stáří porostu, výnos, hnojení aj.

3.7.1 Environmentální podmínky

Teplota a množství dešťových srážek v průběhu vegetace patří k nejvýznamnějším faktorům environmentálních podmínek ovlivňující výživnou hodnotu vojtěšky (Doležal

et Skládanka, 2014). Mika et al. (1997) uvádějí, že vyšší teploty v průběhu vegetace způsobují větší prodýchání asimilátů (snížení vodorozpustných cukrů) a zvyšují obsah NDF v buňce. Tím se snižuje stravitelnost organické hmoty. Nižší teploty v průběhu růstu způsobují nárůst delších lodyh (Fick et al., 1988) a podle Walgenbacha et al. (1981) podporují vyšší poměr listů a lodyh. Pro optimální obsah NDF v krmivu je vhodné určit termín sklizně podle sumy efektivních teplot – SET 370 (Mika et al., 1997). Hakl et al. (2005) dodávají, že pro optimální obsah NL je postačující kratší doba, např. SET 250 – 300. Vojtěška je suchovzdorná rostlina. V případě vodního deficitu v průběhu pěstování vojtěšky má rostlina kratší lodyhy a často mírně zpožděnou zralost (Peterson et al., 1992). Snižuje se výnosová kapacita i kvalita píce vlivem větší lignifikace pletiv (Mika et al., 1997). Obsah minerálních látek v rostlině může být podle Doležala et Skládanky (2014) významně ovlivněn obsahem prvků v půdě, půdní hodnotou pH i dešťovými srážkami. Mika et al. (1997) uvádějí, že v letech s většími srážkami bývá v pícech zjišťován menší obsah minerálních látek, než v letech suchých.

3.7.2 Výnos a struktura porostu

Vyšší výnos vojtěšky úzce souvisí s poklesem nutriční hodnoty píce (Lissbrant et al., 2006). Bylo prokázáno snížení skutečné stravitelnosti *in vitro* v závislosti na zvýšení hmotnosti lodyh vojtěšky, jako jednoho z výnosotvorných prvků píce (Volenec et al., 1987). To potvrzuje i Lissbrant et al. (2009) a dodávají, že zvýšením výnosu rostlinné hmoty klesá obsah NL v píci, kdežto obsah NDF se zvyšuje. Výnos píce vojtěšky je podle řady studií pozitivně spojen s délkou (i hmotností) lodyh (např. Berg et al., 2009; Hakl et al., 2012). Sulc et al. (1999) ve své práci prokázali vztah mezi délkou lodyh a vývojovou fází vojtěšky ve spojení s kvalitou píce, především NDF složkou vlákniny. Podle Šantrůčka (1989) nemusí být tyto vztahy jednoznačné, protože parametry jako délka nejdelší lodyhy a obsah složek vlákniny v píci mohou být ovlivněny hustotou porostu vojtěšky. Hakl et al. (2006b) ve své práci dodávají, že pouze nejzralejší lodyhy byly v mírné korelaci s NDF, ADF a CF složkami píce.

Struktura porostu neměla statisticky významný vliv na obsah vlákniny v hustých a zapojených porostech vojtěšky (Hakl et al., 2006b). Mitrík (2006) uvádí, že hustota porostu rovněž ovlivňuje podíl listů. Čím je porost vojtěšky hustší, tím klesá podíl listů na rostlině, což se může opět promítnout v nižší hodnoty dusíkaté složky píce (Doležal et Skládanka, 2014).

3.7.3 Fenologická fáze vývoje

S fenologickou fází vojtěšky se mění chemické složení rostlin a dochází k snižování stravitelnosti a tím i krmné hodnoty (Telieiová, 2013). Správně zvolený termín sklizně je nejdůležitější pro zajištění krmiva s vysokou výživovou hodnotou. Je to období, kdy je v rostlinách maximální koncentrace živin a pícní hmota je vysoce stravitelná (Tyrolová et Výborná, 2010). U vojtěšky se jedná o období butonizace - období tvorby květních pupat (Marten et al., 1988). V tomto období obsahuje vojtěška v sušině nejvyšší koncentraci NL (i přes 23 %), 24 – 25 % vlákniny a nejvyšší obsah vodorozpustných cukrů (Tyrolová et Výborná, 2010). Nevýhodou tohoto termínu, z hlediska posklizňové úpravy píce, je nízká sušina rostlin a zvýšená pufrční kapacita píce znesnadňující silážování (Tyrolová et Výborná, 2010). Toto období trvá pouze 5 až 7 dnů (Doležal et Skládanka, 2014).

Během stárnutí rostlin dochází k výrazným změnám v obsahu živin, jako důsledek jejich ukládání do generativních orgánů (Tyrolová et Výborná, 2010). Vliv fenologického stádia na nutriční složení vojtěšky znázorňuje tabulka 4:

Tabulka 4: Vliv fenologického stádia na nutriční hodnotu vojtěšky seté (v g/1 kg sušiny)

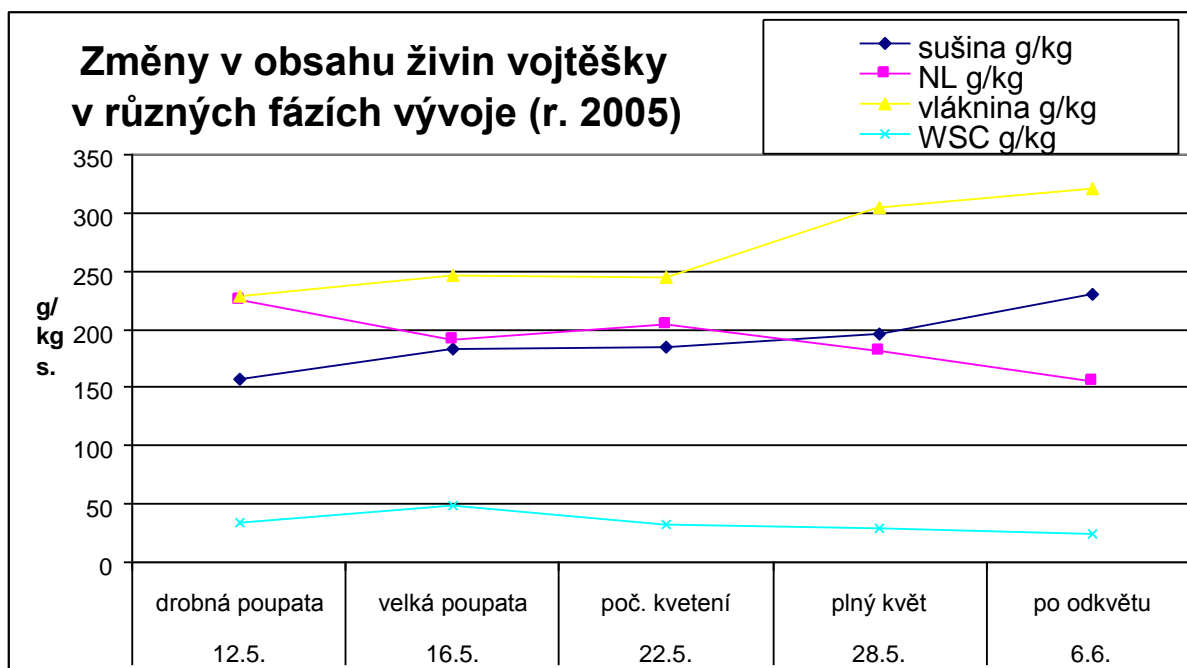
| Vegetační stádium | NL | Vláknina | Sacharidy | Popel | NEL (MJ) |
|-------------------|-----|----------|-----------|-------|----------|
| Před pupaty | 215 | 185 | 0,3 | 134 | 6,1 |
| Butonizace | 210 | 250 | 1,0 | 120 | 5,5 |
| Začátek kvetení | 180 | 285 | 1,2 | 125 | 5,1 |
| Konec kvetení | 175 | 345 | 2,0 | 110 | 4,7 |
| Po odkvětu | 160 | 385 | 0,1 | 100 | 4,5 |

(Zdroj: Zeman et al., 2006)

S postupujícím stárnutím porostu vojtěšky seté klesá obsah NL (během 14 dní až na 16 – 17 % v 1 kg sušiny), tuku, koncentrace energie i množství anorganických látek, zejména Mg (Doležal et Skládanka, 2014). Rapidní snížení obsahu NL nastává ve fázi kvetení (Tyrolová et Výborná, 2010). Zvyšuje se obsah celkové vlákniny i jednotlivých frakcí ADF a NDF (Telieiová, 2013). Doležal et Skládanka (2014) ve své práci uvádějí pokles NL z 26,8 % na 16,4 %, energie NEL z 5,46 MJ/kg na 4,47 MJ/kg sušiny a nárůst koncentrace

vlákniny z 208 g/kg na 371 g/kg sušiny při srovnání prvního fenologického stádia (před výskytem květních pupat) s obdobím po odkvětu vojtěšky. Průběh změn v množství kvalitativních složek píce je znázorněn v grafu 1:

Graf 1: Obsah živin v různých fázích vývoje rostlin (v g/kg sušiny)



(Zdroj: Tyrolová et Výborná, 2010)

Gosen et al. (1994) uvádějí, že tradiční senoseč v květu vojtěšky dává vysoké výnosy hmoty a vede k dobré vytrvalosti rostlin, ale Borreani et al. (1996) namítají, že také obsahuje vysoký obsah vlákniny a tím má píce celkově nízkou stravitelnost. Při pozdějším zahájení sklizně se sklízí hmota s výrazně horší kvalitou (Marten et al., 1988). Doležal et Skládanka (2014) ve své práci popisují, že z prvního období fenologické fáze (před poupaty) do období po odkvětu se snížila stravitelnost píce vojtěšky ze 71,80 % na 62,60 %. Veronesi et al. (2010) dále uvádějí, že pokles stravitelnosti je také důsledkem snížení podílu vysoce stravitelné složky (listů) v porostu vojtěšky. Tyrolová et Výborná (2010) popisují, že v období kvetení se průměrně sníží podíl listů až o 10 % oproti fázi pupat. Telievdová (2013) uvádí, že zvýšený výnos sušiny v tomto období odráží nárůst méně kvalitních lodyh, a dodává, že stravitelnost listů zůstává v různých fázích stejná.

Mitřík (2006) popisuje, že v průběhu vegetace dochází ke snížení obsahu minerálních látek v píci. To potvrzují i Míka et al. (1997) a Doležal et Skládanka (2014), kteří konstatují, že během stárnutí píce více klesá obsah P a K, než Ca, Co, Cu, Fe, Mo a Zn.

3.7.4 Stáří porostu

Stáří porostu má statisticky průkazný vliv na všechny ukazatele tvorby výnosu, jako jsou počet rostlin/m², počet lodyh/m², poměr listů a lodyh, délka lodyh, hmotnost 1 lodyhy aj. (Hakl et Šantrůček, 2012). Hakl et Šantrůček (2012) ve své práci s dvouletými až sedmiletými porosty uvádějí, že stářím porostu se hustota porostu a maximální délka lodyh snižuje kdežto faktory jako počet lodyh na rostlině a hmotnost jedné lodyhy se zvyšuje. Jedná se o kompenzační efekt výnosotvorných prvků. Klesnil et al. (1965) uvádějí, že starší porosty obrůstají na jaře dříve než porosty nově založené. Podle Hakla et Šantrůčka (2012) nejvyšší produktivity dosahují tříleté, případně čtyřleté porosty, takže nelze působení času uvažovat pouze v lineární rovině pro různě dlouhý interval stáří porostu. Během užitkových let vojtěšky se mění i obsahy živin v píci. Hall et al. (2000) popisují, že s věkem porostu se zvyšuje obsah NL a IVTDMD, dále se snižuje obsah NDF, ADF a ligninu. Tyto výsledky potvrzují ve své práci Lissbrant et al. (2006) s výjimkou obsahu NL, který se zvyšoval v pořadí sklizni nikoli mezi užitkovými léty. Rotrekl et Babinec uvádějí, že obsah draslíku v sušině klesá od 3 do 1,8 % v letech vegetace a o 20 – 30 % od první do třetí seče. Stáří porostu je tedy pozitivně spojeno s nutriční hodnotou píce, ale negativně s výnosem vojtěšky (Lissbrant et al., 2009).

Na nutriční hodnotu píce má vliv také pořadí seče (viz tabulka 5), které souvisí opět s měnícím se podílem listů vojtěšky. Z toho důvodu bývá obsah dusíkatých látek v sušině vojtěšky ve druhé seči nižší (Doležal et Skládanka, 2014), kdežto obsah vlákniny je podle Šimka et al. (2006) zpravidla vyšší.

Tabulka 5: Pořadí seče a kvalita píce vojtěšky seté

| Druh | Seč | Fenofáze | % sušiny | Obsah v % abs. sušiny | | |
|---------------------------|-----|--------------|----------|-----------------------|----------|------------|
| | | | | NL | vláknina | popeloviny |
| <i>Medicago Sativa L.</i> | 1. | Výška 25 cm | 15,3 | 29,4 | 19,6 | 13,1 |
| | | Butonizace | 19,0 | 24,7 | 25,0 | 11,6 |
| | | poč. kvetení | 21,2 | 22,2 | 26,3 | 9,9 |
| | | Květ | 22,5 | 18,7 | 30,7 | 8,9 |
| | 2. | poč. kvetení | 20,9 | 23,4 | 29,2 | 10,5 |
| | 3. | poč. kvetení | 20,4 | 22,1 | 32,8 | 10,3 |

(Zdroj: Jihočeská univerzita České Budějovice, 2010)

3.7.5 Agrotechnický postup a posklizňová úprava

Kvalita píce vojtěšky může být ovlivňována také agrotechnickým postupem. Tabacco et al. (2002) uvádějí, že lepší kvalita krmiva lze získat 3 způsoby: sklizením píce v rané fázi, pěstování odrůdy šlechtěné na kvalitu nebo zvýšením výšky strniště při sečení. Sklizeň vojtěšky v raných fázích snižuje sezónní výnos píce, ale umožňuje zvýšení počtu sečí velmi kvalitní pícní hmoty (Hall et al., 2000). Podle Gossena et al. (1994) využití nových odrůd s rychlým obrůstáním nabízí možnost zvýšit frekvenci sklizní, aniž by byl ohrožen výnos a vytrvalost plodiny. Další možností je volba odrůd vykazující vyšší poměr list : lodyha oproti starším odrůdám vojtěšky (Hall et al., 2000).

Při sklizni a zkrmování sušené píce vojtěšky navíc hrozí odrolení listů manipulací, což vede ke zhoršení stravitelnosti krmiva. Proto se sušená vojtěška často užívá ke krmení ve formě moučky a pelet (Aldrich, 2013).

3.7.6 Hnojení

3.7.6.1 Vliv hnojení na výnos a vytrvalost

Hnojení vojtěšky fosforečnými a draselnými hnojivami zvyšuje výnos i vytrvalost píce (Klesnil et al., 1965; Berg et al., 2007; 2009). Správné hnojení fosforečnými hnojivami je nezbytné pro přežívání rostlin vojtěšky a jeho aplikace je nutná k dosažení maximálního rozvoje porostu a jeho produktivity (Berg et al., 2009). Oproti tomu použití draselných hnojiv zlepšuje vytrvalost rostlin (Berg et al., 2007). P je také důležitý pro proces fixace dusíku, jelikož má vliv na velikost a růst hlízkových bakterií (Azcón et al., 1988). Berg et al. (2007) ve své studii uvádějí, že aplikace směsi hnojiv P a K měla za následek vyšší výnos píce než při aplikaci pouze jedné z živin. Lissbrant et al. (2009) ve své práci popisují, že hnojení K v dávkách nad 200 kg/ha/rok významně zvyšuje výnos píce. Pozitivní účinky K hnojení na výnos potvrzují i Smith (1975) nebo Macolino et al. (2013), přesto jiné studie (Sheaffer et al., 1986; Lloveras et al., 2001) zaznamenali nepatrný nebo žádný vliv. Nedostatek účinků K hnojiva může být podle Lissbranta et al. (2009) způsobeno dostačující zásobou prvku v půdě. Nejnižšího výnosu dosahuje vojtěška na nehnojených parcelách, nebo na stanovištích hnojených pouze P nebo N bez K (Hanson et MacGregor, 1966; Berg et al., 2009). Bylo prokázáno, že P hnojení zvyšuje výnos vojtěšky pěstované na fosfor ochuzené půdě

(Berg et al., 2007). Mnoho autorů zkoumá vliv P a K hnojení na výnos a výnosové prvky vojtěšky a jejich změny v průběhu stáří porostu z hlediska zachování stejně vysokého výnosu. Četné výzkumy účinků hnojení P a K na výnos vojtěšky dokazují, že by interakce mezi živinami neměla být podceňována (Macolino et al., 2013). Lissbrant et al. (2010) prokázali, že nevyvážené P a K hnojení způsobuje nižší výnosy vojtěšky v porovnání s nehnojenou variantou pokusu. Lanyon et Griffith (1988) upozorňují, že se účinnost hnojiva může v místech lišit, jelikož závisí na mnoha faktorech životního prostředí. U hnojení dusíkem se názory řady autorů rozcházejí. Podle Klesnila et al. (1965) dobře vyvinutá kultura vojtěšky nevyžaduje ve většině případů dusíkaté hnojení, přesto Vasileva et al. (2011) v nádobovém pokusu uvedli, že se při dávkách minerálního dusíku 120 a 160 mg N/kg půdy zvýšila produkce sušiny o 17 a 23 % v podmínkách s optimální vlhkostí a v podmínkách s nedostatkem vody o 9 % v dávce 80 mg N/kg půdy.

Výnos píce vojtěšky se podle Volence (1999) skládá ze tří složek – počet rostlin/m², počet lodyh/m², popř. počet lodyh/rostlinu - Berg et al. (2009), a hmotnost lodyh.

Zatímco společné hnojení P a K zvyšuje výnos píce, účinky samostatného působení prvků na hustotu porostu jsou rozporuplné (Berg et al., 2007). Obecně se uvádí, že počet rostlin je nejvyšší ihned po založení porostu a dále klesá s časem (Volenec, 1999). Collins et al. (1986) popisují, že hustota lodyh na pozemcích hnojených pouze K má klesající charakter, zatímco Berg et al. (2009) uvádějí, že se při hnojení rostlin 400 kg K/ha/rok hustota porostu zvýšila o 28 %. Podle Lloverase et al. (2012) nedostatek K nemá žádný vliv na hustotu porostu. Oproti tomu hnojení samotným P snižuje populační hustotu rostlin vojtěšky oproti nehnojené ploše (Collins et al., 1986; Sanderson et Jones, 1993; Berg et al., 2009). Berg et al. (2009) zaznamenali snížení hustoty porostu v průměru až o 48 %. Podle Hansona et MacGregora (1966) kombinace hnojení K a P udržuje hustší a zapojenější porosty vojtěšky, než je tomu po samostatném P hnojení. Ačkoliv nejvyšších výnosů dosahovala vojtěška hnojená nejvyššími dávkami P a K, pozemky hnojené pouze K vykazovaly až o 50 % hustší porosty. Hanson et MacGregor (1966) uvádějí, že nebyl prokázán vztah mezi hustotou porostu a výnosem píce.

Při hodnocení počtu lodyh na rostlinu, Berg et al. (2009) ve své práci uvedli, že hnojení samotným P zvyšuje počet lodyh na rostlinu, zatímco přidáním draselných hnojiv při konstantní dávce P se počet opět snižuje. K největšímu nárůstu počtu lodyh na rostlinu dochází na plochách s počtem rostlin pod 22 rostlin/m² (Volenec et al., 1987; Berg et al., 2009). Ačkoliv je počet lodyh důležitý pro tvorbu celkového výnosu Berg et al. (2009) uvádějí, že vysoký výnos není úzce spojen s počtem lodyh na rostlinu. Při hnojení 400 kg

K/ha/rok a 75 kg P/ha/rok dosahoval porost nejvyšších výnosů, ale pouze 7 – 8 lodyh/rostlinu. Nejvyššího počtu lodyh/rostlinu dosahují pozemky hnojené pouze fosforečnými hnojivy (Berg et al., 2007).

Berg et al. (2009) uvádějí, že samostatné hnojení K hnojivy má pozitivní vliv na počet lodyh/m². Oproti tomu fosforečná hnojiva tento parametr neovlivňují, nebo snižují průměrně až o 68 lodyh/m² (Berg et al., 2007). Berg et al. (2007) pozorovali při hnojení P a K zvýšení celkového výnosu píce, ačkoliv hustota rostlin a počet lodyh/m² nebyly ovlivněny nebo se hodnoty dokonce lehce snižovaly. Berg et al. (2009) dodávají, že nejvyšší výnosy vojtěšky nebyly nikdy získány na pozemcích s nejvyšší hustotou lodyh/m². Přesto podle Undersandera et al. (1998) je výnosový potenciál vojtěšky často předpovězen pomocí počtu lodyh na plochu s předpokládanými významnými ztrátami na výnosu píce.

Dalším výnosotvorným prvkem je hmotnost lodyh. Berg et al. (2009) uvádějí silnou závislost P a K hnojení včetně pozitivní lineární interakce K a P hnojení ovlivňující hmotnost lodyh ve všech užitkových letech porostu vojtěšky. Cooper et al. (1967) a Lloveras et al. (2012) spojují zvýšené K hnojení se zvýšenou hmotností lodyh, ale podle Volence (1985) řada autorů připisuje tento efekt zvýšené rychlosti obrůstání po seči (např. Hanson et MacGregor, 1966). Berg et al. (2009) uvádějí ve své práci meziroční zvýšení hmotnosti lodyh při samostatném hnojení P (nárůst o 5 %) i K (nárůst až 20 %) hnojivy oproti nehnojeným plochám. Hnojení K a P hnojivy vykazuje synergický efekt (Lloveras et al., 2012) a nárůst hmotnosti lodyh až o 68 % oproti nehnojeným pozemkům (Berg et al., 2009). Regresní analýza v práci Berga et al. (2009) potvrzuje pozitivní vztah mezi hmotností lodyh a celkovým výnosem píce pro všechny sklizně a užitkové roky porostu.

Hanson et MacGregor (1966) uvádějí, že opakovaná aplikace P a K je nezbytná pro udržení vysokých výnosů vojtěšky během 10 let trvání porostu.

3.7.6.2 Vliv hnojení na kvalitu píce

Vyšší výnos vojtěšky úzce souvisí s poklesem nutriční hodnoty píce. Tento výnos se věkem porostu snižuje a mění se i krmná kvalita píce (Lissbrant et al., 2006). Podle Lissbranta et al. (2009) hnojení ovlivňuje výnos píce a existuje statisticky významná interakce mezi hnojením vojtěšky draselnými hnojivy, fosforečnými hnojivy a užitkovým rokem porostu. Řada autorů potvrzuje, že způsob a typ hnojení ovlivňuje krmnou kvalitu píce. Berg et al. (2007) uvádějí, že vlivem vysokých dávek P a K hnojiv se významně zvyšuje hmotnost

lodyh. Volenec et al. (1987) podotýkají, že dlouhé lodyhy mají obecně vyšší příčný průměr a vyšší koncentraci NDF, ADF a ligninu v pletivu. Vyšší hmotnost lodyh je též spojena se sníženou koncentrací NL (Berg et al., 2007). Lissbrant et al. (2006) uvádějí, že nejvyšší hodnoty NL byly naměřeny v případě aplikace nízkých dávek hnojiva, avšak zvýšeným hnojením P při zachování stejného množství K se koncentrace NL zvýšila. Zvýšené hnojení K naopak snižuje obsah N a NL ve vojtěšce (Smith, 1975; Sheaffer et al., 1986), což je způsobeno snížením poměru list : stonek (Smith, 1975). Nicméně Lissbrant et al. (2009) uvádějí, že se výnos stravitelných živin (DNY) a výnos bílkovin (CPY) zvyšuje s aplikací K hnojiv až do dávky 200 kg K/ha/rok kvůli pozitivnímu vlivu K na výnos vojtěšky. Oproti tomu autoři Burmester et al. (1991) a Lloveras et al. (2001) neprokázali žádný vliv K hnojení na obsah N v rostlině. Collins et Duke (1981) popisují zvýšení nodulace jako reakci na K hnojení, což podle Lissbranta et al. (2009) vlivem zvýšení fixace N₂ může mít za následek naměření vyššího obsahu NL v rostlině. Zvýšením dávek fosforečných hnojiv z 0 na 50 kg P/ha se zvyšuje DNY i CPY z hektaru (Lissbrant et al., 2009). Miller et al. (1987) pozorovali podobný nárůst hladiny NL v píci vojtěšky, nicméně nepotvrdili vliv P hnojení na koncentraci ADF, ligninu a stravitelnosti *in vitro*. Lissbrant et al. (2009) uvádějí, že hnojení pro vysoký výnos maximalizuje hodnoty DNY a CPY.

Podle Lissbranta et al. (2009) hnojení fosforečnými hnojivy sice zvyšuje výnos vojtěšky, ale snižuje IVTDMD. Podle autorů má aplikace K hnojiv stejný účinek jako P, kdežto Smith (1975) uvádí, že K hnojení IVTDMD neovlivňuje. Lissbrant et al. (2009) popisují, že interakce K hnojení s užitkovým rokem porostu mají průkazný vliv na výnos píce i na stravitelnost IVTDMD.

Hodnoty NDF a ADF jsou nejnižší v porostech hnojených nízkými dávkami hnojiva, ale zvýšením dávek P a K se obsah vláknitých složek v rostlinách zvyšuje (Lissbrant et al., 2006). Přidáním P hnojiv při konstantní dávce K se zvyšuje obsah NDF a ADF v píci (Lissbrant et al., 2006; 2009).

Obsah minerálních látek v rostlině může být významně ovlivněn obsahem prvků v půdě, v závislosti na hnojení (Doležal et Skládanka, 2014). Míka et al. (1997) uvádějí, že významné změny v obsahu Mg v průběhu vegetace, mohou do jisté míry souviset s hnojením draselnými hnojivy. Doležal et Skládanka (2014) naznačují, že současná redukce K v pícinách v jednotlivých fázích odběru může být způsobena nízkými dávkami draselného hnojiva. Vysoké koncentrace K mohou snižovat obsah Ca a dalších živin v píci vojtěšky a tím být nežádoucí pro výživu hospodářských zvířat (Meyer et Matthews, 1995). Někteří autoři (např. Lloveras et al., 2001) doporučují hnojit 1 krát ročně v množství 200 - 300 kg/ha K₂O,

ale rozdělení hnojiva do dvou dávek může být účinnější a lze tak předejít „luxusní“ spotřebě K (Kafkafi et al., 1977).

Získání informace o vlivu P a K hnojení na kvalitu píce může přispět k lepšímu pochopení jeho vlivu na výnos a využití vojtěšky (Lissbrant et al., 2006). Ačkoliv několik studií již zkoumalo účinek K na výživné hodnoty vojtěšky, velmi málo z nich se zaměřila na působení P nebo kombinace P a K hnojení (Lissbrant et al., 2009). Tyto studie rovněž zkoumají vliv hnojení pouze v krátkodobém pohledu. Chybí informace o důsledcích dlouhodobého hnojení na porost a utváření výnosotvorných prvků. Ve výzkumech rovněž chybí dopad organického hnojení či jeho kombinace s minerálním hnojením. K pochopení uvedené problematiky by měla přispět tato práce.

4 Materiál a metody

Pokus s hnojením vojtěšky seté byl založen v rámci dlouhodobého polního experimentu Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Praze – Ruzyni, který trvá již od roku 1955.

4.1 Charakteristika pokusného stanoviště

Pokusná stanice se nachází na 50° 08' severní šířky a 14° 30' východní délky v nadmořské výšce 345 m. n. m. Pokusné pracoviště spadá do klimatického regionu T2. Dlouhodobý úhrn ročních srážek je 472 mm. Dlouhodobá průměrná roční teplota vzduchu je 7,9 °C (Odbor pokusných stanic: Praha – Ruzyně, 2015). Přehled průměrných vybraných měsíčních teplot vzduchu v letech 2012 - 2014 je uveden v tabulce 6:

Tabulka 6: Přehled průměrných teplot vzduchu a vlhkosti půdy ve vybraných měsících v roce.

| Období do první seče | | Průměrná teplota vzduchu °C | Průměrná vlhkost půdy v % (objemové vlhkosti) |
|----------------------|--------|-----------------------------|---|
| 2012 | Duben | 9,4 | 30,9 |
| | Květen | 15,8 | 20,9 |
| 2013 | Březen | 0,1 | 28,8 |
| | Duben | 9,4 | 28,8 |
| | Květen | 12,9 | 33,9 |
| 2014 | Březen | 6,9 | 32,7 |
| | Duben | 11,3 | 23,1 |
| | Květen | 13,2 | 27,2 |

Poznamka: Průměrné teploty vzduchu byly naměřeny ve výšce 5 cm nad povrchem půdy. Průměrná vlhkost půdy byla naměřena v hloubce 10 cm pod povrchem půdy.

(Agrometeorologická stanice VÚRV, 2015)

Půda je v této oblasti modální hnědozem, jílovitohlinitá, na spraši a částečně na křídové opuce. Ornice o mocnosti 26 - 33 cm přechází subhorizontem 34 - 54 cm do výrazného iluviálního horizontu, který v hloubce 85 – 120 cm přechází do spraše. Hodnota sorpční kapacity v ornici je 20 – 35 %. Půdní profil je neutrální, sorpčně nasycený až plně

nasyčený. Obsah humusu v půdě je 4,1 %. Obsah přístupných živin je dobrý až velmi dobrý – P (62), K (171), Mg (141) a Ca (3446) v mg/kg. Mezi charakteristické plevele, které se ve velké míře objevují v této oblasti, patří oves hluchý, pcháč oset a brukvovité plevele. Z fauny se mohou jako polní škůdci vyskytnout hlodavci, ojediněle zajíc nebo srna (Odbor pokusných stanic: Praha – Ruzyně, 2015).

4.2 Design experimentu

Sledovaný porost vojtěšky seté byl založen v dubnu v roce 2012 jako podsev do ječmene jarního na zrno. Pro výzkum byla vybrána odrůda Morava s výsevkem $15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ do řádkového výsevu s roztečí řádků 0,125 m. Osevní postup se na daném honu skládá ze 45 % obilovin, 33 % okopanin a 22 % píce. Hnůj byl v osevním postupu aplikován pouze pod okopaniny v dávce $21 \text{ t hnoje} \cdot \text{ha}^{-1}$ k cukrovce a $15 \text{ t hnoje} \cdot \text{ha}^{-1}$ k bramborám. Velikost jednotlivých parcel je 12 x 12 m. Celý experiment zahrnuje 24 variant hnojených různými dávkami a kombinací organických a minerálních hnojiv. Design experimentu je znázorněn v příloze 1.

Pro diplomovou práci bylo ke srovnání vybráno 6 kontrastních variant hnojení: 11 – nehnojená kontrolní varianta, 12 – N1P1K1, 16 – N4P2K2, 21 – hnůj, 22 – N1P1K1 v kombinaci s hnojem, 26 – N4P2K2 v kombinaci s hnojem. Množství aplikovaných minerálních hnojiv na jednotlivé varianty jsou uvedeny v tabulce 7:

Tabulka 7: Dávky živin v $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$

| Variety hnojení | Roční průměrná dávka minerálních hnojiv ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) |
|-----------------|--|
| N1 | 39 |
| N4 | 91 |
| P1 | 54 |
| P2 | 74 |
| K1 | 131 |
| K2 | 176 |

(Zdroj: Konečná et al., 2013)

U variant hnojení 21, 22 a 26 byl aplikován hnůj k předplodině. Jak uvádí tabulka 7, varianty 12 a 22 byly hnojeny nízkou dávkou, kdežto 16 a 26 vysokou dávkou minerálních hnojiv. Varianta číslo 11 byla kontrolní, nehnojená jak minerálními tak ani organickými hnojivy.

4.3 Metodika odběru vzorků

Vlastní odběr vzorků vojtěšky seté proběhl 9. května 2014 v období nárůstu do první seče ve druhém užitkovém roce porostu. Odběry proběhly u vybraných 6 variant hnojení ve čtyřech opakování. Uvnitř každé parcely bylo vybráno reprezentativní místo o velikosti 12,5 x 50 cm, ze kterého byly ve výšce strniště 4 cm ručně vystřihávány vzorky. V místě odběru byl stanoven počet rostlin.

U odebraných vzorků byl následně v laboratoři stanoven počet lodyh a maximální délka lodyhy (MSL). U deseti nejdelších lodyh byl stanoven hmotnostní podíl listů. Následně byly vzorky zváženy a sušeny ve skříňové sušárně po dobu 24 hodin při teplotě 60 °C. Vysušené vzorky byly opět zváženy. Ze všech zjištěných údajů byly dopočteny hodnoty pro proměnné počet rostlin/m² (R/m²), počet lodyh/m² (L/m²), výnos sušiny v g/m² a podíl listů v pící (LWR – Leaf weight ratio). Následně byly usušené listy a lodyhy rozemlety ve šrotovacím zařízení se sítem s oky 1 mm pro následné stanovení kvalitativních parametrů.

4.4 Analýzy vybraných složek kvality

4.4.1 Laboratorní stanovení NL

Pro stanovení obsahu N v listech a lodyhách byla použita Dumasova spalovací metoda. Tato metoda byla vybrána z důvodu vyšší rychlosti a absence používání nebezpečných chemikálií oproti Kjeldahlově metodě. Ani jedna z metod nerozlišuje mezi bílkovinným a nebílkovinným dusíkem, ale výsledky získané Dumasovou metodou jsou nepatrně vyšší, jelikož Dumasova metoda změří téměř všechny N (ČSN EN ISO 16634-1, 2008). Pro stanovení dusíku byl použit automatický přístroj Dumatherm. Navážené vzorky (navážka cca 150 mg) byly spalovány ve spalovací komoře přístroje při teplotě 990 °C v atmosféře bohaté na kyslík. S pomocí mědi byly výsledné kysličníky dusíku redukovány

na základní dusík. Ten byl analyzován za použití jednoduchého vláknového detektoru (Nitrogen determination system, 2015). Přístroj byl řízen počítačem přes software Dumatherm Manager, kam byly zaznamenávány obsahy N a NL ($N \times 6,25$) z měřených vzorků. Hodnoty NL v listech a lodyhách byly použity k výpočtu celkového množství NL v píci na základě hmotnostního podílu jednotlivých částí.

4.4.2 Stanovení NDF

Obsah NDF byl stanoven v odebraných vzorcích lodyh vojtěšky. Pro stanovení neutrálně detergentní frakce vlákniny bylo použito zařízení Fibertec Systém 2023 FiberCap s opakovaným použitím reagenčních kapslí s víčkem. Principem stanovení NDF, jako zbytku buněčných stěn rostlinných pletiv, byla hydrolýza vzorku v prostředí neutrálního roztoku lauryl-síranu sodného, podle postupu z Pozdíšek et Trojanová (2011). S každou sérií vzorků se provedlo současné měření slepého vzorku (prázdná kapsle). Po horké extrakci byl následně ze zbytku vlákniny odstraněn tuk pomocí acetonu. Kapsle byly vysušeny v laboratorní sušárně po dobu 2 hodin při 130 °C. V peci se nechaly vyžít žíhací kelímky a spolu s kapslemi byly vloženy do exsíkátoru a po vychladnutí zváženy. Následně byly vzorky z kapslí spáleny v muflové peci při 550 °C po dobu 4 hodin. Po částečném zchladnutí byly kelímky přesunuty do exsíkátoru a po vychladnutí opět zváženy (Pozdíšek et Trojanová, 2011).

Obsah NDF v % byl vypočítán podle vzorce:

$$\frac{W3 - (W1 - Cc) - (W5 - W4)}{W2} \times 100$$

W1 = Hmotnost prázdné kapsle + víčka

W2 = Hmotnost vzorku – navážka

W3 = Hmotnost kapsle po extrakci – po vysušení

W4 = Hmotnost prázdného žíhacího kelímku

W5 = Celková hmotnost po spálení (kelímek + popel)

W0 = Hmotnost kontrolní kapsle před extrakcí

W0k = Hmotnost kontrolní kapsle po extrakci

Cc = Hmotnost kontrolní kapsle po odečtu W0 – W0k (Pozdíšek et Trojanová, 2011).

Statistické vyhodnocení výsledků bylo provedeno pomocí jednofaktorové nebo dvoufaktorové analýzy rozptylu ANOVA s interakcí na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Pro zjištění statisticky významných rozdílů mezi hodnocenými průměry byl použit Tukeyův HSD test. Všechny statistické analýzy byly provedeny v programu Statistica 12.0.

5 Výsledky

V rámci zpracování výsledků byl nejprve vyhodnocen dopad hnojení na výnosotvorné prvky a strukturu porostu vojtěšky. V dalším kroku byl sledován vliv hnojení na kvalitativní ukazatele v jednotlivých částech rostliny.

5.1 Vliv hnojení na porost vojtěšky

Z výsledků v tabulce 8 vyplývá, že interakce organického a minerálního hnojení neměla v tomto pokusu statisticky významný vliv na žádný ze zkoumaných parametrů. Oproti tomu, některé proměnné byly významně ovlivněny jedním nebo oběma typy hnojení.

Tabulka 8: Vliv organického a minerálního hnojení na porost vojtěšky seté

| Porost | | R/ m ² | L/ m ² | MSL (cm) | Vynos (g/m ²) | Sušina Listy (%) | Sušina Lodyhy (%) | LWR (g/kg) |
|------------------------------|-----|-------------------|-------------------|------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|
| Organické hnojení | ano | 152 | 715 | 72 ^b | 590 | 21 | 17 ^a | 387 ^a |
| | ne | 168 | 765 | 64 ^a | 547 | 22 | 18 ^a | 411 ^b |
| <i>p</i> | | <i>0,215</i> | <i>0,199</i> | <i>0,001</i> | <i>0,263</i> | <i>0,166</i> | <i>0,045</i> | <i>0,009</i> |
| Minerální hnojení | 0 | 172 | 693 ^a | 63 ^a | 487 ^a | 23 ^b | 18 | 412 |
| | 1 | 163 | 712 ^{ab} | 69 ^{ab} | 597 ^{ab} | 22 ^{ba} | 18 | 397 |
| | 2 | 145 | 816 ^b | 72 ^b | 622 ^b | 21 ^a | 18 | 387 |
| <i>p</i> | | <i>0,255</i> | <i>0,034</i> | <i>0,014</i> | <i>0,019</i> | <i>0,020</i> | <i>0,075</i> | <i>0,060</i> |
| <i>Org x min</i> <i>p</i> | | <i>0,189</i> | <i>0,423</i> | <i>0,916</i> | <i>0,409</i> | <i>0,776</i> | <i>0,968</i> | <i>0,985</i> |

Poznámka: Minerální hnojení: úroveň výživy 0 - bez minerálního hnojení, úroveň výživy 1 - nízké dávky a úroveň výživy 2 - vysoké dávky minerálního hnojiva NPK. Rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky průkazné rozdíly Tukeyova HSD testu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Podle výsledků v tabulce 8, jednotlivé varianty hnojení neměly statisticky významný vliv na počet rostlin na m².

Oproti tomu byl zaznamenán významný vliv minerálního hnojení na počet lodyh na m². Průkazně nejvyššího počtu 816 lodyh na m² dosáhl porost s úrovní výživy 2, zatímco významně nejnižší počet 693 L/m² byl zaznamenán u nehnojené kontrolní varianty. Samostatné organické hnojení nemělo vliv na sledovaný parametr.

Délku nejdelší lodyhy (MSL) významně ovlivňovalo organické i minerální hnojení. Nejdelších lodyh (72 cm) dosahovaly porosty hnojené hnojem a minerálně hnojené porosty úrovně 2. Oproti tomu absence jakéhokoliv typu hnojení měla za následek průkazně nejnižší hodnoty MSL (63 - 64 cm).

Výnos píce byl významně ovlivněn pouze minerálním hnojením, kde průkazně nejvyššího výnosu (622 g/m²) dosáhl porost s úrovní výživy 2, zatímco významně nejnižší výnos byl zaznamenán u nehnojené varianty (487 g/m²).

Také u obsahu sušiny v jednotlivých částech rostlin byl prokázán statisticky významný vliv hnojení. Obsah sušiny v listech se průkazně snižoval se stupňovanými dávkami minerálního hnojení. Obsah sušiny v lodyhách nebyl minerálním hnojením ovlivněn, ale významný efekt byl prokázán u organického hnojení, které hodnoty zkoumaného parametru snižovalo. Tukeyův HSD test ale tento rozdíl nepotvrdil (viz písmenné indexy), proto by bylo potřeba dalších pokusů pro srovnání dosažených výsledků.

Podíl listů na rostlině (LWR) byl významně ovlivněn pouze organickým hnojením. Podíl listů byl průkazně nižší u variant s aplikovanou dávkou hnoje k předplodině. Stupňovaná aplikace minerálních hnojiv snižovala LWR, ale tento rozdíl byl těsně neprůkazný ($p = 0,06$).

5.2 Vliv hnojení na kvalitativní složky píce

Při kvalitativním hodnocení byl zkoumán vliv organického a minerálního hnojení na obsah NL v listech, lodyhách a celých rostlinách a dále na obsah popelovin a NDF v sušině lodyh vojtěšky. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9: Vliv organického a minerálního hnojení na obsah ukazatelů kvality ve vojtěšce

| Kvalita píce | | NL listy (g/kg) | NL lodyhy (g/kg) | NL celá rostlina (g/kg) | Popeloviny lodyhy (g/kg) | NDF lodyhy (g/kg) |
|------------------------------|-----|--------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------|
| Organické hnojení | ano | 309 | 162 ^b | 219 | 71 | 498 ^a |
| | ne | 301 | 147 ^a | 210 | 72 | 511 ^b |
| <i>p</i> | | 0,210 | 0,036 | 0,147 | 0,714 | 0,018 |
| Minerální hnojení | 0 | 311 | 160 | 223 ^b | 52 ^a | 501 |
| | 1 | 309 | 158 | 218 ^{ba} | 74 ^b | 506 |
| | 2 | 294 | 144 | 202 ^a | 89 ^c | 507 |
| <i>p</i> | | 0,054 | 0,115 | 0,020 | 0,000 | 0,537 |
| <i>Org x min</i> <i>p</i> | | 0,570 | 0,548 | 0,847 | 0,420 | 0,663 |

Poznámka: Minerální hnojení: úroveň výživy 0 - bez minerálního hnojení, úroveň výživy 1 - nízké dávky a úroveň výživy 2 - vysoké dávky minerálního hnojiva NPK. Rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky průkazné rozdíly Tukeyova HSD testu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Z tabulky 9 vyplývá, že v pokusu nebyl zaznamenán statisticky významný vliv interakce organického a minerálního hnojení na žádný zkoumaný ukazatel kvality v píci vojtěšky. Dále nebyl prokázán statistický rozdíl ani u jednoho typu hnojení u obsahu NL v listech vojtěšky.

Proti tomu, obsah NL v lodyhách byl statisticky významně ovlivněn organickým hnojením. Ve srovnání s nehnojenou variantou byl zaznamenán o 15 g/kg vyšší obsah NL v lodyhách porostů, kde proběhla aplikace hnoje k předplodině.

Ačkoliv obsah NL v samostatných listech a lodyhách nevykazoval průkaznou reakci na minerální hnojení, obsah NL v celé rostlině vykazoval statisticky významné ovlivnění. Nejvyšší obsah NL v píci poskytly varianty bez N, P a K hnojení (223 g/kg), kdežto nejnižší hodnota byla průkazně zjištěna v porostu s úrovní výživy 2 (202 g/kg).

Obsah popelovin v sušině lodyh vojtěšky se statisticky průkazně zvyšoval spolu se zvyšujícími dávkami minerálních hnojiv a podle písemných indexů byl významný rozdíl mezi všemi úrovněmi minerálního hnojení (0, 1, 2). Organické hnojení obsah popelovin v lodyhách neovlivňovalo.

Obsah NDF v lodyhách vojtěšky byl statisticky významně snižován organickým hnojením. Dávka minerálních hnojiv neměla průkazný vliv na tento parametr kvality.

6 Diskuze

V této diplomové práci byl zkoumán vliv organického a minerálního hnojení a jejich interakce na porost vojtěšky seté (*Medicago sativa L.*), a to jak na výnosotvorné prvky tak i na kvalitativní složky. Všechny sledované parametry spolu souvisí, ale pro přehlednost budou dále diskutovány samostatně.

Výnos píce

Mnoho studií uvádí, že hnojení fosforečnými a draselnými hnojivy zvyšuje výnos píce vojtěšky oproti nehnojené ploše (Klesnil et al., 1965; Berg et al., 2007). Podobné výsledky byly prokázány v našem experimentu, kdy byl zjištěn statisticky významný vliv minerálního hnojení na výnos sušiny píce vojtěšky. Statisticky průkazný rozdíl byl zaznamenán mezi nehnojenou variantou a vysokými dávkami hnojiv (91 kg N/ha, 74 kg P/ha a 176 kg K/ha), kdy nejvyšších výnosů sušiny dosahoval porost s nejvyšší úrovní výživy, nejnižších nehnojená varianta. Podobné výsledky potvrzuje řada studií (např. Hanson et MacGregor, 1966; Berg et al., 2007; 2009). Organické hnojení výnos vojtěšky v naší práci neovlivňovalo. Konečná et al. (2013) ve své práci uvádějí výsledky z prvního užitkového roku pokusu, kde bylo zjištěno, že varianty hnojené nejvyššími dávkami minerálního hnojení a varianty hnojené pouze hnojem dosahovaly stejného výnosu jako varianty nehnojené. Autoři ve výsledcích zdůrazňují, že výnos sušiny v g.m⁻² byl statisticky průkazně nejvyšší u varianty, kde jsou použity nejvyšší dávky N, P i K spolu se zaoráváním hnoje. Významný vliv organického hnojení na výnos sušiny potvrzují i Vazquez-Vazquez et al. (2010), kteří ve své studii zjistili vyšší výnosy píce u porostů hnojených hnojem v dávkách 80, 120 a 160 tun/ha oproti kontrolním variantám hnojeným N a P v dávkách 30-100 kg. Podle výsledků našeho pokusu ale nebyla zjištěna žádná specifická interakce organického a minerálního hnojení.

Mnohé studie se zaměřují na vztah hnojení jednotlivými prvky a výnosu píce vojtěšky (např. Smith, 1975; Lloveras et al., 2001; Berg et al., 2007; 2009; Lissbrant et al., 2009; Macolino et al., 2012), nebo zkoumají vliv minerálního hnojení pouze z krátkodobého hlediska (např. Colins et Duke, 1981; Colins et al., 1986). Řada těchto prací připisuje pozitivní účinek na výnos píce K hnojení (např. Smith, 1975; James et al., 1995; Lissbrant et al., 2009; Macolino et al., 2013), přesto některé studie (Sheaffer et al., 1986; Lloveras et al.,

2001) nezaznamenaly průkazný statistický vliv. Porosty hnojené pouze N dosahují podle Hansona et MacGregora (1966) spolu s nehnojenou variantou nejnižších výnosů. Z důvodu dostatečné fixace N₂ dusíku hlízkovitými bakteriemi chybí studie, které by se zabývaly problematikou vlivu hnojení N na výnos vojtěšky. Protichůdné výsledky byly nalezeny také v hodnocení vlivu samostatného P hnojení na výnos vojtěšky. Hanson et MacGregor (1966) a Berg et al. (2007) uvádějí, že tyto porosty dosahují spolu s nehnojenými porosty nejnižších výnosů, kdežto jiné studie (např. Saderson et Jones, 1993; Simons et al., 1995, Lissbrant et al., 2009) zaznamenaly zvýšení výnosu oproti nehnojené variantě, již při aplikaci 25 kg P/ha/rok (Lissbrant et al., 2009). Avšak uvedené polní práce, zachycující pozitivní vliv P na výnos píce, byly provedeny v oblastech s nedostatkem fosforu v půdě (9 – 15 mg/kg). Lissbrant et al. (2009) ve své studii nepotvrdili statisticky významnou interakci K x P hnojení ve vztahu k výnosu píce.

Počet rostlin na m²

Ve výsledcích našeho pokusu nebyl zjištěn vliv minerálního hnojení na počet rostlin na m². Podle Berga et al. (2007) nebyl prokázán vztah mezi výnosem a počtem rostlin na m². Hanson et MacGregor (1966) uvedli, že pozemky hnojené nejvyššími dávkami P a K sice dosahují nejvyšších výnosů, ale porosty hnojené pouze K mají o 50 % hustší porosty. Výživa má pozitivní vztah s vytrvalostí porostu vojtěšky (Li et al., 1997; Burmester et al., 1991; Simons et al., 1995), ale výsledky studií o vlivu samostatného draslíku na hustotu porostu jsou často rozporuplné. Někteří autoři uvádějí, že hnojení K hustotu rostlin na m² snižuje (Collins et al., 1986), výrazně zvyšuje (Berg et al., 2007; 2009) nebo nijak neovlivňuje (Berg et al., 2005; Lloveras et al., 2012).

Hanson et MacGregor (1966) při sledování desetiletého porostu vojtěšky uvedli, že kombinace hnojení K a P udržuje hustější a zapojenější porosty vojtěšky, než je tomu po samostatném P hnojení. Řada autorů potvrzuje snížení populační hustoty rostlin vojtěšky při hnojení samotného P oproti nehnojené ploše (Collins et al., 1986; Sanderson et Jones, 1993; Berg et al., 2009). Berg et al. (2007) zaznamenali při hnojení 75 kg P/ha/rok snížení hustoty porostu až o 48 % oproti nehnojené ploše. Berg et al. (2005) tento jev vysvětlují tím, že hnojení P způsobí stav konkurence mezi rostlinami, kdy rostliny robustnější a citlivější na P vytlačí slabší a sníží se tak počet rostlin na m².

V naší práci nebyl zjištěn významný vztah organického hnojení s počtem rostlin na m². Zároveň nebyla prokázána interakce organického a minerálního hnojení a její vliv

na hustotu porostu u vojtěšky seté. Chybí však přímá studie pro srovnání námi uvedených výsledků, nicméně výsledky o vlivu dlouhodobé aplikace živin jsou v souladu s autory, kteří nezaznamenali významný vliv hnojení na hustotu porostů (např. Lloveras et al., 2012).

Počet lodyh na m²

Ačkoliv minerální hnojení v této práci nemělo žádný vztah s počtem rostlin na m², byl zaznamenán významný vliv minerálního hnojení na počet lodyh na m². Statistický rozdíl byl nalezen pouze mezi parcelami bez minerálního hnojení a parcelami, kde byla aplikovaná vysoká roční dávka N, P a K (91kg N/ha, 74kg P/ha a 176 kg/ha). Tyto hnojené porosty dosáhly nejvyššího počtu lodyh na m². Naopak nejnižší počet L/m² byl zaznamenán u nehnojené kontrolní varianty a porostu hnojeným pouze hnojem k předplodině. V rozporu s našimi výsledky Undersander et al. (1998) a Berg et al. (2007) uvedli, že hnojení směsí prvků P a K pouze zvyšuje výnos píce, kdežto počet lodyh/m² zůstává bez ovlivnění nebo se hodnoty dokonce lehce snižují. Berg et al. (2007) dokonce zaznamenali klesající charakter této vynosotvorné složky se zvýšeným P a K hnojením. Zde je však třeba souběžně hodnotit i hustotu porostu, která nebyla v našem experimentu ovlivněna.

Mnoho autorů se zabývá sledováním vlivu jednoho z prvků na výnos a jeho složky. Například Berg et al. (2009) ve své práci popisují pozitivní vliv samostatného K hnojení na počet lodyh/m². Při aplikaci 400 kg K/ha/rok vzrostl počet lodyh na m² z 19 (2. seč 2001) na 182 (3. seč 2004). Autoři dále dodávají, že naopak fosforečná hnojiva tento počet buď neovlivňují, nebo snižují. Hodnocení porostu je často založeno na počtu lodyh, ačkoliv hodnoty nemusí odrážet výnosový potenciál vojtěšky (Berg et al., 2005).

Počet lodyh na m² může být ovlivňován hustotou rostlin i počtem lodyh na rostlině. Jak již bylo zmíněno, v našem pokusu hnojení průkazně zvyšovalo počet lodyh na m² při stejné hustotě rostlin. Hnojení tedy podporovalo tvorbu nových lodyh. Na rozdíl od našich výsledků Berg et al. (2005) ve své studii nezjistili žádný vliv hnojení na počet lodyh na rostlině. Podle Berga et al. (2009) má hnojení samostatným P nebo K na tento parametr opačný vliv než je tomu u proměnné L/m². Hnojení P zvyšuje počet lodyh na rostlině, zatímco přidáním K se tento počet snižuje. Ve studii Berg et al. (2007) dosahoval porost vojtěšky při hnojení 400 kg K/ha/rok a 75 kg P/ha/rok pouze 7 – 8 lodyh/rostlinu. Je možné, že vysoké dávky K v této studii mohly způsobit snížení počtu lodyh na rostlině. Meyer et Matthews (1995) upozorňují, že vysoké koncentrace K mohou působit antagonisticky na obsah některých živin v píce vojtěšky, což by mohlo mít vliv na některý ze zkoumaných parametrů.

Samostatné organické hnojení v naší práci statisticky neovlivňovalo počet lodyh na m². Zároveň nebyla zjištěna interakce organického a minerálního hnojení a její vliv na tento parametr u vojtěšky seté. Podobnému výsledku dospěli i Konečná et al. (2013), kteří ovšem sledovali vysoký počet lodyh na m² u varianty s nejvyššími dávkami minerálních hnojiv s hnojem. Chybí studie pro srovnání našich výsledků ohledně vlivu organického hnojení a jeho interakce s hnojením minerálním.

Maximální délka lodyhy (MSL)

Z našich výsledků vyplývá, že délku nejdelší lodyhy (MSL) průkazně ovlivňovalo organické i minerální hnojení. Tyto výsledky potvrzuje řada autorů (např. Volenec et al., 1987; Volenec et Cherney, 1990; Berg et al., 2005; 2007; Konečná et al., 2013) a podle Berga et al. (2009) nebo Hakla et al. (2012) je délka lodyh v pozitivní korelaci s výnosem. V naší práci dosahovaly nejdelších lodyh varianty hnojené hnojem ve srovnání s kontrolní nehnojenou variantou. Stejnou délku vykazovaly porosty, které byly hnojeny nejvyššími dávkami minerálního hnojení. Statisticky průkazný vliv tohoto typu hnojení byl prokázán pouze mezi porostem nehnojeným a porostem po aplikaci nejvyšších dávek N, P a K. Oproti tomu absence jakéhokoliv typu hnojení měl za následek nejnižší hodnoty MSL. Berg et al. (2007) ve své studii potvrzují synergický efekt prvků K a P v hnojení (Lloveras et al., 2012), jenž zapříčinil až 68 % nárůst hmotnosti lodyh oproti nehnojené variantě. Organické hnojení v pozitivním vztahu s výnosem píce může zvyšovat délku lodyh v porostu (Vazquez-Vazquez et al. 2010). Konečná et al. (2013) ve své práci sice uvedli, že nejmenší délku lodyh mají nehnojené varianty, ale nejdelší lodyhy v jejich výzkumu byly zjištěny při aplikaci hnojiv v různých dávkách spolu se zaoráváním hnoje.

Obsah sušiny listů a lodyh

Listy v porovnání s lodyhami dosahují zpravidla vyššího obsahu sušiny (Hakl et al., 2006a), což je patrné i z výsledků našeho pokusu. Hnojení mělo tendenci snižovat obsah sušiny v listech i lodyhách. Obsah sušiny v listech byl významně ovlivněn minerálním hnojením, zatímco obsah sušiny v lodyhách byl těsně průkazně ovlivněn organickým hnojením ($p = 0,45$). Oproti tomu Orioli et al. (2014) uvedli, že hnojení K zvyšuje produkci sušiny lodyh. Vliv hnojení na tyto parametry se uvádí pouze ojediněle, chybí přímá studie srovnání námi dosažených výsledků.

Hmotnostní podíl listů (LWR)

Parametr LWR byl v naší práci ovlivněn organickým hnojením. Podíl listů byl statisticky průkazně nižší u variant s aplikovanou dávkou hnoje k předplodině. To potvrzuje Vazquez – Vazquez et al. (2010), kteří zaznamenali pozitivní vliv vyšších dávek hnoje na výnos píce vojtěšky. Jak již bylo uvedeno, výnos píce je v pozitivní korelaci s hmotností a délkou lodyh (např. Berg et al., 2005; 2007; 2009; Hakl et al., 2012; Lloveras et al., 2012), která může být spojena se snížením poměru list : stonek (Smith, 1975).

Dále naše výsledky neprokázaly průkazný vliv minerálního hnojení na snížení podílu listů v píci vojtěšky, ale rozdíl byl jen těsně neprůkazný ($p = 0,06$). To je v souladu s tvrzením Smith (1975) a Lloveras et al. (2012), že vyšší dávky P a K hnojení (zvyšující výnos a hmotnost lodyh vojtěšky) snižují poměr list : stonek. Smith (1975) a Sheaffer et al. (1986) dále připisují snížení podílu listů zvýšenému K hnojení, které snižuje obsah NL ve vojtěšce.

Dusíkaté látky (NL)

Řada autorů uvádí (např. Volenec et al., 1987; Lissbrant et al., 2006; Berg et al., 2007), že nejvyšší hodnoty NL v píci jsou naměřeny při aplikaci nízkých dávek minerálního hnojení. Tyto výsledky jsou potvrzeny našim výzkumem, kdy nejvyšší obsah NL v píci vojtěšky měly porosty bez minerálního hnojení, kdežto nejnižší hodnota byla zjištěna v porostu s aplikací největších dávek N, P a K hnojiv. Tyto dvě úrovně minerálního hnojení vykazovaly statisticky průkazný rozdíl. V souladu s našimi výsledky Hintz et Albrecht (1991) uvedli, že vysoké dávky P a K hnojiva zvyšují délku lodyh, která je ve vztahu se sníženým obsahem NL a zvýšenou koncentrací NDF, ADF a ligninu ve vojtěšce. To potvrzují také studie např. Volenec et al. (1987), Volenec et Cherney (1990), nebo Lissbrant et al. (2009). Mnozí autoři se snažili objasnit vliv samostatných prvků na tento parametr. Mnoho studií (např. Miller et al., 1987; Lissbrant et al., 2006) popisují, že zvýšení dávek fosforečných hnojiv při konstantním množství K hnojiv obsah NL zvyšuje. P hnojení zvyšuje nodulaci vojtěšky (Goicoechea., 2000), což může podle Lissbranta et al. (2009) zvyšovat N_2 fixaci a obsah N v píci. Oproti tomu hnojení draslíkem je podle řady autorů (např. Smith, 1975; Sheaffer et al., 1986; Lissbrant et al., 2009) odpovědné za snižování obsahu NL ve vojtěšce. Existují studie, které ale žádný vliv K hnojení na obsah NL v píci nezaznamenaly (např. Burmester et al., 1991; Lloveras et al., 2001). Podle Trolldeniera (1991) zvýšené hnojení K a Mg zvyšuje akumulaci N v píci až o $\frac{1}{2}$ ve srovnání s nehnojenou plochou. Autor

vysvětluje, že zvýšenou K a Mg výživou se zvyšuje aktivita nitrogenázy, kterou opět snižuje přidané hnojení N. Zvýšení akumulace N, jako následek K hnojení, potvrzují ve své studii i Orioli et al. (2014). Vliv hnojení N na kvalitu vojtěšky nebyl příliš zkoumán, jelikož vojtěška odebírá z půdních zásob pouze 10% N, zbytek získává z činnosti hlízkovitých bakterií (Rotrekl et Babinec, 2006). Li et al. (1997) ale zaznamenali zvýšení koncentrace N v kořenech po zvýšení N hnojení.

Organické hnojení neovlivňovalo obsah N v píci vojtěšky. Taktéž Vazquez-Vazquez et al. (2010) nenašli průkazný vliv hnojení hnojem na tento parametr.

Ačkoliv obsah NL v celé rostlině vojtěšky vykazoval statisticky průkaznou reakci na minerální hnojení, obsah NL v samostatných listech a lodyhách nevykazoval významné statistické ovlivnění, ačkoliv u listů byl výsledek opět jen těsně neprůkazný ($p = 0.054$). To částečně v souladu s řadou studií (např. Volenec et Cherney, 1990; Hintz et Albrecht, 1991 nebo Lissbrant et al., 2009), které uvádějí, že vysoké dávky P a K hnojiva snižují obsah NL v lodyhách na úkor zvyšujícímu se podílu vlákniny. Oproti tomu byl zaznamenán průkazně vyšší obsah NL v lodyhách u porostů, u kterých byl aplikován hnůj v předplodině. Ke srovnání našich výsledků chybí studie, které by se zaměřily na tento druh výzkumu.

Popeloviny

Obsah popelovin v sušině lodyh vojtěšky se statisticky průkazně zvyšoval spolu se zvyšujícími dávkami minerálních hnojiv a významný statistický rozdíl se vyskytoval mezi všemi sledovanými úrovněmi hnojení (0, 1 a 2). To potvrzuje Doležal et Skládanka (2014), kteří dodávají, že obsah minerálních látek v rostlině může být významně ovlivněn v závislosti na hnojení. Míka et al. (1997) navíc uvádějí, že významné změny v obsahu některých prvků v rostlině může do jisté míry souviset s P nebo K hnojením. Podle Li et al. (1997) a Orioli et al. (2014) hnojení K zvyšuje obsah K v lodyhách. Navíc vysoké koncentrace K mohou snižovat obsah Ca a dalších živin v píci vojtěšky (Meyer et Matthews, 1995).

NDF

V našem výzkumu minerální hnojení nemělo průkazný vliv na obsah NDF v lodyhách vojtěšky. Stejných výsledků dosáhli ve své studii Miller et al. (1987). Tyto výsledky jsou v rozporu se zjištěním Lissbranta et al. (2006; 2009), že hodnoty NDF jsou nejnižší při nízkých dávkách minerálních hnojiv, ale zvýšením dávek P a K se obsah NDF v rostlinách

zvyšuje. To potvrzují i další studie (např. Volenec et al., 1987; Berg et al., 2007). Podle Lissbranta et al. (2006; 2009) je za zvyšující se hodnoty NDF v píce zodpovědné jak hnojení P, tak K hnojení. Se zvyšující se aplikací samotného K roste koncentrace NDF, ADF a ADL (Lissbrant et al., 2009). Nevýznamné ovlivnění obsahu NDF v lodyhách i přes jejich významně vyšší délku by mohlo být částečně vysvětleno obsahem popelovin. Minerálně hnojené porosty totiž vykázaly průkazně vyšší obsah popelovin, což znamená i významně nižší obsah organické hmoty (i energie). Koncentrace NDF v organické hmotě u hnojených porostů musí být tedy vyšší než u nehnojených porostů, v souladu s výsledky Lissbranta et al. (2009).

Podle našich výsledků byl obsah NDF v lodyhách statisticky významně ovlivněn organickým hnojením. Vyšší obsah NDF měly porosty, kde se hnojem nehnojilo. V rozporu s našimi výsledky Vazquez-Vazquez et al. (2010) nenašli vztah mezi hnojením hnojem a NDF složkou píce.

Většina studií se v dnešní době zaměřuje na výzkum ohledně vlivu minerálního hnojení jedním z prvků na vynosotvorné a kvalitativní složky píce. Macolino et al. (2013) podotýká, že by se ale neměla podceňovat interakce mezi živinami. Navíc málo studií se zabývá vlivem minerálního hnojení na sušinu v listech a lodyhách, nebo na podíl listů u vojtěšky seté. Je třeba provést více výzkumu ohledně vlivu směsi prvků N, P a K a jejich vzájemných interakcí na kvalitu vojtěšky. Dále zcela chybí informace o vlivu organického hnojení (včetně jeho kombinace s minerální výživou) na vynosotvorné a kvalitativní složky píce. Tato práce doplňuje tento druh výsledků, ačkoliv kvůli designu pokusů lze sice snadno sledovat vliv stupňovaných dávek živin, ale není možné oddělit samostatné efekty P a K hnojení.

7 Závěr

Cílem práce bylo stanovit vliv dlouhodobého hnojení na kvalitu píce vojtěšky seté. Posuzoval se vliv organického a minerálního hnojení a jejich interakce na porost a nejvýznamnější kvalitativní složky píce. Z našich výsledků vyplývá, že:

- počet rostlin na m² nebyl průkazně ovlivňován ani jedním typem hnojení
- z hodnocených parametrů porostu minerální hnojení významně zvyšovalo počet lodyh na m², délku nejdelší lodyhy, výnos sušiny a naopak snižovalo sušinu v listech a podíl listů v píci
- organické hnojení z parametrů porostu významně zvyšovalo délku nejdelší lodyhy a naopak snížilo podíl listů v píci
- při aplikaci vysokých dávek hnojiv se obsah NL v píci snižoval oproti variantě bez minerálního hnojení, tento trend byl výrazný hlavně v listech
- obsah NL v listech nebyl ovlivněn žádným typem hnojení, oproti tomu existuje průkazně vyšší obsah NL v lodyhách u variant s aplikací hnoje k předplodině
- obsah popelovin v sušině se statisticky průkazně zvyšoval s rostoucí dávkou aplikovaných minerálních hnojiv
- obsah NDF v lodyhách byl významně vyšší v porostech vojtěšky bez aplikace organického hnojení, minerální hnojení obsah NDF v sušině vojtěšky neovlivňovalo

8 Seznam literatury

Albrecht, K. A., Beauchemin, K. A. 2003. Alfalfa and other perennial legume silage. In: Andrzejewska, J., Contreras-Govea, F. E., Albrecht, K. A. 2014. Field prediction of alfalfa (*Medicago sativa* L.) fibre constituents in northern Europe. Grass and Forage Science. 69 (2). 348 - 355.

Aldrich, A. 2013. Vojtěška – chytrá volba pro krmení psů a koček? PetFood Industry. 42 - 43. In: Sedláček, M. 2013: Krmivářství: mezinárodní časopis pro výživu zvířat a výrobu krmiv. Profi Press s.r.o. Praha. ISSN 1212-9992.

Andrzejewska, J., Contreras-Govea, F. E., Albrecht, K. A. 2014. Field prediction of alfalfa (*Medicago sativa* L.) fibre constituents in northern Europe. Grass and Forage Science. 69 (2). 348 - 355.

Azcón, R., El-Atrash F., Barea, J. M. 1988. Influence of mycorrhiza vs. Soluble phosphate on growth, nodulation, and N₂ fixation (15N) in alfalfa under different levels of water potential. Biology and fertility of soils. Spain. 7 (1). 28 – 31.

Berg, W. K., Cunningham, S. M., Brouder, S. M., Joern, B. C., Johnson, K. D., Santini, J. B., Volenec, J. J. 2005. Influence of phosphorus and potassium on alfalfa yield and yield components. Crop Science. 45 (1). 297 – 304.

Berg, W. K., Cunningham, S. M., Brouder, S. M., Joern, B. C., Johnson, K. D., Santini, J. B., Volenec, J. J. 2007. The long-term impact of phosphorus and potassium fertilization on alfalfa yield and yield components. Crop Science. 47 (5). 2198 - 209.

Berg, W. K., Cunningham, S. M., Brouder, S. M., Joern, B. C., Johnson, K. D., Volenec, J. J. 2009. Influence of phosphorus and potassium on alfalfa yield, taproot C and N pools, and transcript levels of key genes after defoliation. Crop science. 49 (3). 974 - 982.

Borreani, G., Valente, M. E., Peiretti, P. G., Canale, A., Ciotti A. 1996. Evolution of ensilability characteristics, nutritional values, and yield in the first and second growth

cycles of lucerne cv. Equipe and Boreal. In: Tabacco, E., Borreani, G., Odoardi, M., Reyneri, A. 2002. Effect of cutting frequency on dry matter yield and quality of lucerne (*Medicago sativa* L.) in the Po Valley. Italian Journal of Agronomy. 6 (1). 27 - 34.

Burmester, C. H., Mullins, G. L., Ball, D. M. 1991. Potassium fertilization effects on yield and longevity of established alfalfa. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 22 (19-20). 2047 - 2062.

Carlsson, G., Huss-Danell, K. 2003. Nitrogen fixation in perennial forage legume in the field. Plant and Soil. 253 (2). 353 – 372.

Cherney, J. H., Cherney D. J. R., Fox, D. G., Chase, L. E., Van Soest, P. J. 1994. Evaluating forages for dairy cattle. In: Proceedings American forage and grassland council. Lancaster. USA. 3. 207 – 214.

Collins, M., Lang D. J., Kelling, K. A. 1986. Effects of phosphorus, potassium and sulfur on alfalfa nitrogen-fixation under field conditions. Agronomy Journal. 78. 959 – 963.

Collins, M., Duke, S. H. 1981. Influence of potassium-fertilization rate and form on photosynthesis and N₂ fixation of alfalfa. Crop Science. 21 (4). 481 – 485.

Cooper, R. B., Blaser, R. E., Brown, R. H. 1967. Potassium nutrition effects on net photosynthesis and morphology of alfalfa. Soil Science Society of America Journal. 31 (2). 231 - 235.

ČSN EN ISO 16634-1. Potraviny – Stanovení obsahu celkového dusíku spalováním podle Dumasovy metody a výpočet obsahu hrubého proteinu – část 1: Olejniný a krmiva. 2008. Český normalizační institut. Praha. 36 s.

Doležal, P., Skládanka, J. 2014. The effect of the stage of maturity of alfalfa (*Medicago sativa* L.) on the chemical composition and in sacco digestibility. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. 56 (1). 55 - 64.

Fick, G. W., Holt D. A., Lugg D. G. 1988. Environmental physiology and crop growth. In: Andrzejewska, J., Contreras-Govea, F. E., Albrecht, K. A. 2014. Field prediction of alfalfa (*Medicago sativa L.*) fibre constituents in northern Europe. Grass and Forage Science. 69 (2). 348 - 355.

Gallo, A., Moschini, M., Cerioli, C., Masoero, F. 2013. Use of principal component analysis to classify forages and predict their calculated energy content. Animal. 7 (06). 930 - 939.

Goicoechea, N., Antolin, M. C., Sánchez-Díaz, M. 2000. The role of plant size and nutrient concentrations in associations between *Medicago*, and *Rhizobium* and/or *Glomus*. *Biologia Plantarum*. 43 (2). 221 - 226.

Gossen, B. D., Horton, P. R., Wright, P. R., Duncan, C. H. 1994. Field response of alfalfa to harvest frequency, cultivar, crown pathogens, and soil fertility: I. Survival and yield. *Agronomy Journal*. 86 (1). 82 - 88.

Hakl, J., Fuksa, P., Šantrůček, J. 2013. Possibilities of crude protein prediction in the forage of lucerne. In: 15th International Conference, Forage Conservation, High Tatras. Slovakia. 24 - 26. September. 67 - 68. ISBN: 978-80-89418-29-9.

Hakl, J., Hrevušová, Z., Hejcman, M., Fuksa, P. 2012. The use of rising plate meter to evaluate Lucerne (*Medicago sativa L.*) height as an important agronomic trait enabling yield estimation. *Grass and Forage Science*. 67. 589 – 596.

Hakl, J., Kalista, J., Šantrůček, J. 2005. Určení termínu sklizně vojtěšky s využitím sumy efektivních teplot. In: Doležal, P., Skládanka, J. 2014. The effect of the stage of maturity of alfalfa (*Medicago sativa L.*) on the chemical composition and in sacco digestibility. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 56 (1). 55 - 64.

Hakl, J., Mášková, K., Šantrůček, J., Bufková, N. 2011. Dynamika růstu vojtěšky v první a druhé seči v závislosti na stáří porostu. Aktuální témata v pícninářství a trávnickářství 2011. Česká zemědělská univerzita v Praze. 18 – 23.

Hakl, J., Šantrůček, J. 2012. Dynamika růstu vojtešky v první seči v závislosti na stáří porostu. Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů. Úroda, vědecká příloha. 12. 279 - 282. ISSN: 0139-6013.

Hakl, J., Šantrůček, J., Kalista, J. 2006a. Vliv podílu listů a lodyh v píci vojtešky na obsah dusíkatých látek. Úroda, LIII, tematická příloha víceleté pícniny. s. 4 – 5.

Hakl, J., Šantrůček, J., Kalista, J., Kocourková, D. 2006b. The influence of lucerne stand structure on fibre content in the forage. Grassland Science in Europe. 11. 264 - 266.

Hall, M. H., Smiles, W. S., Dickerson, R. A. 2000. Morphological development of alfalfa cultivars selected for higher quality. Agronomy Journal. p. 92. ISSN: 1077–1080.

Hanson, R.G., MacGregor J.M. 1966. Soil and alfalfa plant characteristics as affected by a decade of fertilization. Agronomy Journal. 58 (1). 3 – 5.

Hintz, R. W., Albrecht, K. A. 1991. Prediction of alfalfa chemical composition from maturity and plant morphology. Crop Science. 31. 1561–1565.

Hrabě, F., Cagaš, B., Citarová, E. (eds.). 2004. Trávy a jetelovino trávy v zemědělské praxi. Olomouc. Petr Baštan. 121 s.

James, D. W., Tindall, T. A., Hurst, C. J., Hussein, A. N. 1995. Alfalfa cultivar responses to phosphorus and potassium deficiency. Biomass. Journal of Plant Nutrition. 18 (11). 2431–2445.

Kafkafi, U., Gilat R., Yoles, D., Noy, Y. 1977. Studies on fertilization of fieldgrown irrigated alfalfa I. Effect of potassium source and time of application. Plant and Soil. 46 (1). 165 – 173.

Klesnil, A., Velich, J., Regál, V. 1965. Vojteška. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 201 s.

Konečná, J., Hakl, J., Šantrůček, J. 2013. Vliv dlouhodobého hnojení na výnosy v sušině a na strukturu porostu vojtěšky seté. In: Aktuální témata v pícninářství a trávnickářství 2013 (Sborník příspěvků). Česká zemědělská univerzita. Praha. s. 98 -104. ISBN: 978 80 213 2431 2.

Krawutschke, M., Kleen, J., Weiher, N., Loges, R., Taube, F., Gierus, M. 2013. Changes in crude protein fractions of forage legumes during the spring growth and summer regrowth period. *Journal of Agricultural Science*. 151 (1). 72 - 90.

Kubát, J., Klír, J., Pova, D. 2003. The dry matter yields, nitrogen uptake, and the efficacy of nitrogen fertilisation in long-term field experiments in Prague. *Plant, Soil and Environent*. 49 (8). 337 – 345.

Kudrna, V., Homolka, P. 2007. Vliv krmné dávky dojnic na množství a kvalitu mléčného tuku. *VÚŽV. Praha Uhřetěves*. 49 s.

Lanyon, L. E., Griffith, W. K. 1988. Nutrition and fertilizer use. In: Macolino, S., Lauriault, L. M., Rimi, F., Ziliotto, U. 2013. Phosphorus and potassium fertilizer effects on alfalfa and soil in a non-limited soil. *Agronomy Journal*. 105 (6). 1613 - 1618.

Li, R., Volenec, J. J., Joern, B. C., Cunningham, S. M. 1997. Potassium and nitrogen effects on carbohydrate and protein metabolism in alfalfa roots. *Journal of plant nutrition*. 20 (4-5). 511-529.

Lissbrant, S., Brouder, S. M., Cunningham, S. M., Volenec, J. J. 2010. Identification of fertility regimes that enhance long-term productivity of alfalfa using cluster analysis. *Agronomy journal*. 102 (2). 580 - 591.

Lissbrant, S., Stratton, S., Cunningham, S. M., Brouder, S. M., Volenec, J. J. 2009. Impact of long-term phosphorus and potassium fertilization on alfalfa nutritive value-yield relationships. *Crop Science*. 49 (3). 1116 - 1124.

Lissbrant, S., Stratton, S., Cunningham, S. M., Volenec, J. J. 2006. Impact of long-term P and K fertilization on alfalfa forage quality. In: Berg, W. K., Cunningham, S. M.,

Brouder, S. M., Joern, B. C., Johnson, K. D., Volenec, J. J. 2009. Influence of phosphorus and potassium on alfalfa yield, taproot C and N pools, and transcript levels of key genes after defoliation. *Crop Science*. 49 (3). 974 - 982.

Lloveras, J., Ferran, J., Boixadera, J., Bonet, J. 2001. Potassium fertilization effects on alfalfa in mediterranean climate. *Agronomy journal*. 93 (1). 139 - 143.

Lloveras, J., Chocarro, C., Torres, L., Viladrich, D., Costafreda, R., Santiveri, F. 2012. Alfalfa Yield Components and Soil Potassium Depletion as Affected by Potassium Fertilization. *Agronomy Journal*. 104 (3). 729 - 734.

Macolino, S., Lauriault, L. M., Rimi, F., Ziliotto, U. 2013. Phosphorus and potassium fertilizer effects on alfalfa and soil in a non-limited soil. *Agronomy Journal*. 105 (6). 1613 - 1618.

Marten, G. C., Buxton, D. R., Barnes, R. F. 1988. Feeding value. In: Tabacco, E., Borreani, G., Odoardi, M., Reyneri, A. 2002. Effect of cutting frequency on dry matter yield and quality of lucerne (*Medicago sativa L.*) in the Po Valley. *Italian Journal of Agronomy*. 6 (1). 27 - 34.

Mášková, K., Hakl, J., Šantrůček, J., Jirmanová, J. 2013. The effect of lucerne seed inoculation on yield and quality of two different varieties. *Scientia agriculture Bohemica*. 44 (3). 127 - 132.

McCoy, T. J., Echt, C. S. 1992. Chromosome manipulations and genetic analysis in *Medicago*. *Plant breeding Review*. 10. 169 – 197.

Meyer, R. D., Matthews, M. C. 1995. Potassium fertilization and how it effects yield and quality of alfalfa. In *Proceedings California Alfalfa Symposium*. Modesto. 127 – 133.

Milić, D., Karagić, Đ., Vasiljević, S., Mikić, A., Milošević, B., Katić, S. 2014. Breeding and improvement of quality traits in alfalfa (*Medicago sativa ssp. sativa L.*). *Genetika*. 46 (1). 11 - 18.

Miller, D. N., Waissman, B. M., Currier, C., McCaslin, B. 1987. Selection for increased phosphorus in alfalfa and effects on other characteristics. *Crop Science*. 27 (1). 22 – 26.

Mitřík, T. 2006. Silážovanie. In: Doležal, P., Skládanka, J. 2014. The effect of the stage of maturity of alfalfa (*Medicago sativa* L.) on the chemical composition and in sacco digestibility. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 56 (1). 55 - 64.

Míka, V., Harazim, J., Kalač, P. 1997. Kvalita píce. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 227 s.

Mudřík, Z., Doležal, P., Koukal, P. (eds.). 2006. Základy moderní výživy skotu. Praha. 270 s. ISBN 80-213-1559-8.

Mudřík, Z., Čížmár, D., Hučko, B., Kodeš, A. 2013. Hodnocení krmiv pro dojnice. AgroDigest s.r.o. Pohořelice. 590 s. ISBN 978-80-260-2514-6.

Oliveira, W. S. D., Oliveira, P. P. A., Corsi, M., Duarte, F. R. S., Tsai, S. M. 2004. Alfalfa yield and quality as function of nitrogen fertilization and symbiosis with *Sinorhizobium meliloti*. *Scientia Agricola*. 61 (4). 433 - 438.

Orioli, J. V., Mendes, C., Luiz, E., Neto, C., Mendes, A. (eds.). 2014. Nutritional status and dry mass production of alfalfa in function of potassium rates in two soils. *Bioscience Journal*. 30 (3). 31 – 38.

Owens, V. N., Albrecht, K. A., Hintz, R.W. 1995. A rapid method for predicting alfalfa quality in the field. *Journal of Production Agriculture*. 8 (4). 491 – 495.

Parson, D., Cherney, J. H., Gauch, H. G. 2006. Estimation of spring forage quality for alfalfa in New York State. *Forage Grazingl*. doi: 10.1094. FG-2006-0323-01-RS (available at <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/fg/research/2006/alfalfa/>).

Peterson, P. R., Sheaffer, C. C., Hall, M. H. 1992. Drought effects on perennial forage legume yield and quality. *Agronomy Journal*. 84. 774 – 779.

Pozdíšek J., Trojanová, H. 2011. Alternativní stanovení vlákniny (CF, NDF a ADF) na zařízení Fibertec System 2023 a 2021. Uplatněná certifikovaná metodika schválená ÚKZÚZ v Brně dne 8. 12. 2011. Agrovýzkum Rapotín s.r.o. 34 s. ISBN 978-80-87592-08-3.

Robinson, P. H., Givens, D. I., Getachew, G. 2004. Evaluation of NRC, UC Davis and ADAS approaches to estimate the metabolizable energy values of feeds at maintenance energy intake from equations utilizing chemical assays and in vitro determinations. *Animal Feed Science and Technology*. 114 (1). 75 – 90.

Rotrekl, J., Babinec, J. 2006. Je obtížné efektivně pěstovat vojtěšku? *Agrolab*. 7. 55 – 57.

Sanderson, M. A., Jones, R. M. 1993. Stand dynamics and yield components of alfalfa as affected by phosphorus fertility. *Agronomy Journal*. 85 (2). 241 – 246.

Sheaffer, C. C., Russelle, M. P., Hesterman, O. B., Stucker, R. E. 1986. Alfalfa response to potassium, irrigation, and harvest management. *Agronomy Journal*. 78 (3). 464 – 468.

Simons, R. G., Grant, C. A., Bailey, L. D. 1995. Effect of fertilizer placement on yield of established alfalfa stands. *Canadian Journal of Plant Science*. 75 (4). 883–887.

Smith, D. 1975. Effects of potassium topdressing a low fertility silt loam soil on alfalfa herbage yields and composition and on soil K values. *Agronomy Journal*. 67 (1). 60 – 64.

Snifen, C. J., O'Connor, J. D., Van Soest, P. J., Fox, D. G. Russell. J. B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*. 70 (11). 3562 – 357.

Sulc, R. M., Albrecht, K. A., Cherney, J. H., Hall, M. H., Mueller, S. C., Orloff, B. 1997. Field testing of rapid method for estimating alfalfa quality. *Agronomy Journal*. 89 (6). 952 – 957.

Sulc, R. M., Kenneth, A. A., Vance, N. O., Jerome, H. C. 1999. Update on predicting harvest time for alfalfa. *Nutrition and animal health*. 166 – 176.

Šantrůček, J. 1989. Quality of lucerne forage in dependence on soil compacting and cultivation. *Rostlinná výroba*. 35. 1101 – 1107.

Šantrůček, J. (eds.). 2011. *Encyklopedie pícninářství*. Česká zemědělská univerzita. Praha. 157 s. ISBN: 978-80-213-1605-8.

Šimko, J. (eds.). 1998. *Krmivárstvo*. Slovenská poľnohospodárska univerzita. Nitra. 1. 24 – 25. ISBN 80-7137-509-8.

Tabacco, E., Borreani, G., Odoardi, M., Reyneri, A. 2002. Effect of cutting frequency on dry matter yield and quality of lucerne (*Medicago sativa L.*) in the Po Valley. *Italian Journal of Agronomy*. 6 (1). 27 - 34.

Tamminga, S. 1996. A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. *Journal of Animal Science*. 74. 3112 – 3124.

Telieiová, I. 2013. Vojtěška setá – nejdůležitější víceletá plodina. Odbor rostlinný komodit Mze ČR. In: Sedláček, M. 2013. *Krmivárství: mezinárodní časopis pro výživu zvířat a výrobu krmiv*. Profi Press s.r.o. Praha. 18-23. ISSN 1212-9992.

Trolldenier, G. 1991. N₂ fixation, yield and P-uptake of luzerne in dependence on N-fertilization, K-fertilization, and Mg-fertilization. *Agrobiological research-Zeitschrift fur agrarbiologie agrikulturchemie okologie*. 44 (2-3). 219 - 234.

Tyrolová, Y., Výborná, A. 2010. Konzervanty v silážích. *Metodika.VÚŽV v.v.i. Praha Uhřetěves*. 13 - 14.

Undersander, D. J., Grau, C., Cosgrove, D., Doll, J., Martin N. 1998. Alfalfa stand assessment: Is the stand good enough to keep? University of Wisconsin Extension. p. 4.

Undersander, D. J., Martin, N. 1997. What is NIR, and where is it going? In: Andrzejewska, J., Contreras-Govea, F. E., Albrecht, K. A. 2014. Field prediction of alfalfa (*Medicago sativa* L.) fibre constituents in northern Europe. Grass and Forage Science. 69 (2). 348 - 355.

Van Soest, P. J. 1995. What constitutes alfalfa quality: new considerations. In: Andrzejewska, J., Contreras-Govea, F. E., Albrecht, K. A. 2014. Field prediction of alfalfa (*Medicago sativa* L.) fibre constituents in northern Europe. Grass and Forage Science. 69 (2). 348 - 355.

Vasileva, V., Kostov, O., Vasilev, E., Athar, M. 2011. Effect of mineral nitrogen fertilization on growth characteristics of lucerne under induced water deficiency stress. Pakistan Journal of Botany. 43 (6). 2925 – 2928.

Vazquez-Vazquez, C., Garcia-Hernandez, L. J., Salazar-Sosa, E. (eds.). 2010. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) forage nutritional value and yield at different cattle manure doses. Revista mexicana de ciencias pecuarias. 4 (1). 363 – 372.

Velich, J., Petřík, M., Regal, V., Štráfelda, J., Turek, F. 1994. Pícninářství. Vysoká škola zemědělská. Praha. 9 – 28.

Veronesi, F. E., Brummer, C., Huyghe, C. 2010. Alfalfa. In: Boller, B., Posselt, U. K., Veronesi, F. (eds.). 2010. Fodder Crops and Amenity Grasses. Series. Handbook of Plant Breeding. Springer, New York. 5. 395 – 437.

Volenc, J. J. 1999. Physiological control of alfalfa growth and yield. Crop Yield. Springer Berlin Heidelberg. 425 - 442.

Volenc, J. J., Cherney, J. H. 1990. Yield components, morphology, and forage quality of multifoliolate alfalfa phenotypes. Crop Science. 30. 1234–1238.

Volenc, J. J., Cherney, J. H., Johnson, K. D. 1987. Yield components, plant morphology, and forage quality of alfalfa as influenced by plant population. *Crop Science*. 27 (2). 321 – 326.

Walgenbach, R. P., Marten, G. C. Blake G. R. 1981. Release of soluble protein and nitrogen in alfalfa. I. Influence of growth temperature and soil moisture. *Crop Science*. 21 (6). 843 – 849.

Zeman, L. (eds.). 2006. *Výživa a krmění hospodářských zvířat*. Praha. Profi Press. 360 s. ISBN: 8086726177.

8.1 Internetové zdroje

Agrometeorologická stanice. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha – Ruzyně. 2015. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z <<http://www.vurv.cz/meteo/meteograf.htm>>.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Hodnocení kvality píče [online]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Katedra rostlinné výroby a agroekologie. 2010. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <opr.zf.jcu.cz/docs/predmety/Picninarstvi-1d8538a24d.doc>.

Nitrogen determination systém [online]. Gerhardt Analytical Systems. Germany. 2015 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z <<http://www.gerhardt.de/en/Products/Combustion/Nitrogen+determination+system+DUMAT+HERM.html>>.

Odbor pokusných stanic: Praha – Ruzyně [online]. VÚRV. 2015. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z <<http://www.vurv.cz/index.php?p=praha&site=vyzkum>>.

ÚKZÚZ. Seznam odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize [online]. ÚKZÚZ. 2014. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z <<http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/odrudy/informace-o-odrudach/odrudy-registrovane-v-cr/seznam-odrud/>>.

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

ADF – acidodetergentní vláknina

ADL – acidodetergentní lignin

AMK – aminokyseliny

BNLV – bezdusíkaté látky výtahkové

CF – hrubá vláknina

CPY – výnos bílkovin

DM – sušina

DMD – stravitelná sušina

DNY – výnos stravitelných živin

GDD – predikční model založený na údajích o počasí (= growing degree days)

HTS – hmotnost tisíce semen

IVTDMD – 24 hodinová stravitelnost in vitro

L/m^2 – počet lodyh na m^2

LWR – hmotnostní podíl listů (= leaf weight ratio)

MSL – maximální délka lodyh

NDF – neutrálně detergentní vláknina

NEL – netto energie využitá pro laktaci

NIRS – reflexní spektroskopie v blízké infračervené oblasti

NL – dusíkaté látky

NPN – dusíkaté látky nebílkovinné povahy

NYPQ – predikční model založený na délce lodyh

PDI – množství proteinu skutečně strávený v tenkém střevě

PDIA – protein z krmiva skutečně strávený v tenkém střevě

PDIM – mikrobiální protein skutečně strávený v tenkém střevě

PDIME – množství mikrobiálního proteinu, které může být v batoru syntetizováno z dostupné energie, není-li obsah degradovatelného proteinu krmiva a dalších živin limitující

PDIMN – množství mikrobiálního proteinu, které může být v batoru syntetizováno z degradovatelného proteinu krmiva, není-li obsah dostupné energie a dalších živin limitující.

PEAQ – predikční rovnice kvality u vojtěšky

R/m^2 – počet rostlin na m^2

SET – suma efektivních teplot

SOH – stravitelná organická hmota

TNC – nestrukturní cukry

WSC – vodorozpustné cukry

10 Samostatné přílohy

Seznam příloh:

Příloha č. 1: Schéma 24 variant hnojení v experimentu VÚRV v Praze - Ruzyni (hon IV)

Příloha č. 2: Porost vojtěšky na pozemcích VÚRV v Praze – Ruzyni – sklizňový pás

Příloha č. 3: Odběr vzorků vojtěšky seté Praha – Ruzyně (9. května 2014)

Příloha č. 1: Schéma 24 variant hnojení v experimentu VÚRV v Praze – Ruzyni (hon IV)

| | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1. opak | 111 | 121 | 131 | 211 | 221 | 231 | 311 | 321 | 331 | 711 | 721 | 731 |
| | 0 | N1P1K1 | N3P2K2 | 0 | N1P1K1 | N3P2K2 | 0 | N1P1K1 | N3P2K2 | 0 | N1P1K1 | N3P2K2 |
| | 141 | 151 | 161 | 241 | 251 | 261 | 341 | 351 | 361 | 741 | 751 | 761 |
| | NpP2K2 | N2P1K1 | N4P2K2 | NpP2K2 | N2P1K1 | N4P2K2 | NpP2K2 | N2P1K1 | N4P2K2 | NpP2K2 | N2P1K1 | N4P2K2 |
| 2. opak | 122 | 132 | 112 | 222 | 232 | 212 | 322 | 332 | 312 | 722 | 732 | 712 |
| | N1P1K1 | N3P2K2 | 0 | N1P1K1 | N3P2K2 | 0 | N1P1K1 | N3P2K2 | 0 | N1P1K1 | N3P2K2 | 0 |
| | 152 | 162 | 142 | 252 | 262 | 242 | 352 | 362 | 342 | 752 | 762 | 742 |
| | N2P1K1 | N4P2K2 | NpP2K2 | N2P1K1 | N4P2K2 | NpP2K2 | N2P1K1 | N4P2K2 | NpP2K2 | N2P1K1 | N4P2K2 | NpP2K2 |
| 3. opak | 313 | 323 | 333 | 713 | 723 | 733 | 113 | 123 | 133 | 213 | 223 | 233 |
| | 0 | N1P1K1 | N3P2K2 | 0 | N1P1K1 | N3P2K2 | 0 | N1P1K1 | N3P2K2 | 0 | N1P1K1 | N3P2K2 |
| | 343 | 353 | 363 | 743 | 753 | 763 | 143 | 153 | 163 | 243 | 253 | 263 |
| | NpP2K2 | N2P1K1 | N4P2K2 | NpP2K2 | N2P1K1 | N4P2K2 | NpP2K2 | N2P1K1 | N4P2K2 | NpP2K2 | N2P1K1 | N4P2K2 |
| 4. opak | 324 | 334 | 314 | 724 | 734 | 714 | 124 | 134 | 114 | 224 | 234 | 214 |
| | N1P1K1 | N3P2K2 | 0 | N1P1K1 | N3P2K2 | 0 | N1P1K1 | N3P2K2 | 0 | N1P1K1 | N3P2K2 | 0 |
| | 354 | 364 | 344 | 754 | 764 | 744 | 154 | 164 | 144 | 254 | 264 | 244 |
| | N2P1K1 | N4P2K2 | NpP2K2 | N2P1K1 | N4P2K2 | NpP2K2 | N2P1K1 | N4P2K2 | NpP2K2 | N2P1K1 | N4P2K2 | NpP2K2 |

(doc. Ing Josef Hakl, Ph.D. ve spolupráci s VÚRV, 2015)

Příloha č. 2: Porost vojtěšky na pozemcích VÚRV v Praze – Ruzyni – sklizňový pás



(Fotografie: Ing. Jana Konečná)

Příloha č. 3: Odběr vzorků vojtěšky seté Praha – Ruzyně (9. května 2014)



(Fotografie: Ing. Jana Konečná)